



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TESE

**TRANSPOSIÇÃO DE SOLO PARA RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO  
NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ, NA PARAÍBA**

FLAUBERT QUEIROGA DE SOUSA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**TRANSPOSIÇÃO DE SOLO PARA RESTAURAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO  
NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ, NA PARAÍBA**

FLAUBERT QUEIROGA DE SOUSA

*Sob a Orientação do Professor*

Dr. Jacob Silva Souto

Tese submetida como requisito  
para obtenção do grau de Doutor  
em Agronomia, no Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia.

Areia, PB  
Dezembro de 2017

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S725t Sousa, Flaubert Queiroga de.

Transposição de solo para restauração de área degradada no núcleo de desertificação do Seridó, na Paraíba / Flaubert Queiroga de Sousa. - Areia, 2017.  
89 f. : il.

Orientação: Jacob Silva Souto.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Restauração ecológica. 3. Transposição de solo. 4. Núcleo de Desertificação do Seridó - Paraíba. I. Souto, Jacob Silva. II. Título.

UFPB/BC

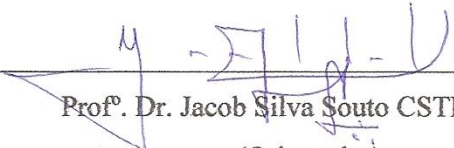
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA


**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

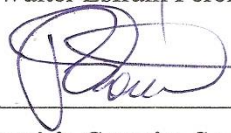
**TÍTULO:** TRANSPOSIÇÃO DE SOLO PARA RESTAURAÇÃO DE ÁREA  
DEGRADADA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ, NA PARAÍBA


**AUTOR:** FLAUBERT QUEIROGA DE SOUSA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA  
(Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Dr. Jacob Silva Souto CSTR-UFCG  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Dr. Walter Esfrain Pereira CCA-UFPB

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dra. Patrícia Carneiro Souto CSTR-UFCG

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Dr. Alan Cauê de Holanda DCAF-UFERSA

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Dr. José Augusto da Silva Santana UAECIA-UFRN

Data da realização: 15 de dezembro de 2017.

Presidente da Comissão Examinadora  
Dr. Jacob Silva Souto  
Orientador

Ao meu Senhor e meu Deus!

Meu Deus, hoje meu coração exulta de gratidão e alegria por mais esta vitória alcançada. Este triunfo não é apenas meu, mas antes ele é Teu, pois eu sei que jamais seria possível sem a Tua ajuda e vontade.

Então a Ti DEDICO, meu Senhor! Por essa vitória e por com ela teres inundado meu coração de felicidade e gratidão sem fim.

*“Bendito seja Deus, que não rejeitou a minha oração, nem apartou de mim a sua graça”*

Salmo 66:20

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor **Dr. Jacob Silva Souto**, pela orientação, compreensão, ensinamentos e por toda a experiência repassada durante nosso tempo de convívio. Muito obrigado professor!

A **Arliston Pereira Leite**, pela amizade e pela colaboração durante todos os meses de coleta dos dados. Parte desse trabalho só foi possível se realizar devido a sua ajuda. Muito obrigado!

Aos amigos **Cláudio Rodrigues** e **Ilma Rodrigues**, pela amizade, receptividade na casa de vocês e, por todas as demais coisas. Obrigado por tudo mesmo. Sou muito grato a vocês!

Aos amigos e colegas **Andreza, Valério, Josy, João Everton, Rodrigo, Wandelson, Armando, Roberto** e aos meus irmãos **Manoel e Félix**, pela ajuda durante a instalação do experimento. Sou grato a todos vocês!

À Professora Dra. **Patrícia Carneiro Souto**, uma das principais pessoas que já no início da graduação me incentivava a participar de grupos de pesquisas e a iniciar na pesquisa científica e na pós-graduação.

Ao Dr. **Francisco Assis Pereira Leonardo**, pela ajuda nas análises e compreensão dos dados estatísticos.

A **Mário Medeiros Damasceno**, engenheiro agrônomo e proprietário da Fazenda Cachoeira de São Porfírio, que cedeu parte de sua propriedade para a instalação deste experimento.

A **Dona Lourdes, Rossana e Seu João** (*In memoriam*), por toda hospitalidade e por todo apoio nas atividades desenvolvidas durante todo o tempo da pesquisa. Sou muito grato por tudo!

Ao Programa de **Pós-Graduação em Agronomia** – PPGA, por toda contribuição para minha formação, e ao **CNPq**, pela concessão da bolsa e pelos recursos financeiros indispensáveis para realização deste trabalho.

À minha família, em especial, a minha esposa, **Eliane Monteiro de Lima Queiroga**, a minha mãe, **Felismar Assis Queiroga de Sousa**, e irmãos, **Félix, Manoel e Donaria**, pelas orações, pelo o amor e pela confiança. Amo a todos!

Enfim, a todos os familiares, amigos, técnicos e professores da UFPB/CCA e UFCG/CSTR, que direta e indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**Flaubert Queiroga de Sousa**, filho de Felismar Assis Queiroga de Sousa e Manoel de Sousa Filho (*in memoriam*), nasceu no dia 13 de janeiro de 1985, em Pombal, PB. Ingressou no ano de 2005 no curso de Agronomia do Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, em Pombal, PB, sendo bolsista PIBIC/CNPq durante dois anos, onde desenvolveu pesquisa na área de salinidade do solo, e concluiu o curso no ano de 2011. Em 2012 ingressou no Mestrado em Agronomia, pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias/UFPB – Areia, PB, com área de concentração em Ecologia, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, desenvolvendo pesquisas com ênfase em invasão biológica de espécies terrestres em ecossistemas de caatinga, defendendo a dissertação em 2014. No mesmo ano foi selecionado para o Doutorado pelo mesmo programa, onde atualmente desenvolve pesquisas sobre restauração ecológica através da aplicação de técnicas de nucleação no Núcleo de Desertificação do Seridó, na Paraíba.

SOUSA, F. Q. Universidade Federal da Paraíba: dezembro de 2017. **Transposição de solo para restauração de área degradada no Núcleo de Desertificação do Seridó, na Paraíba.** Orientador: Dr. Jacob Silva Souto.

## RESUMO

O fenômeno desertificação é considerado o processo de degradação ambiental das terras das zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, ocasionadas por fatores naturais e ações antrópicas. No Núcleo de Desertificação do Seridó, especificamente no estado da Paraíba, a área delimitada como sendo de alto nível de degradação abrange os municípios de Santa Luzia e Várzea, e a desertificação neste núcleo está relacionada particularmente a fatores climáticos, processos pedogenéticos e intervenções antrópicas. Diante do exposto, a restauração ecológica surge como uma alternativa viável para resgatar os serviços ambientais perdidos com a degradação. Dentre os diversos modelos de restauração utilizados no Brasil, a nucleação é hoje um dos mais difundidos. Consta da utilização de várias técnicas que, juntas, são facilitadoras no processo natural de sucessão. Uma dessas técnicas, a transposição de porções (núcleos) de solo, consiste da retirada da camada superficial de solo mais serapilheira de uma área conservada para alocação em uma área degradada. A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a possibilidade de recuperação de uma área degradada no Núcleo de Desertificação do Seridó utilizando a técnica de transposição do solo (*Topsoil*). Para tanto, através de bioindicadores de qualidade do solo (banco de sementes do solo, respiração edáfica e mesofauna do solo) foram avaliadas as potencialidades para restauração ecológica de vários solos. Foram selecionadas sete áreas de diferentes microrregiões do semiárido da Paraíba, para a transposição do solo e alocação em uma área degradada. O delineamento foi em blocos casualizados, constando de oito tratamentos, um referente ao Controle (área degradada) e os outros sete, aos solos transportados de áreas conservadas nas microrregiões. Mensalmente, foram realizadas as análises do banco de sementes do solo, da respiração edáfica e da mesofauna. A transposição dos solos trouxe para a área em estudo um novo banco de sementes, que favoreceu o surgimento de novas espécies. A respiração edáfica e a mesofauna na maioria dos solos transportados foi maior que na área degradada. A técnica de transposição do solo das diversas microrregiões configura-se como uma alternativa viável para estimular a sucessão florestal em áreas degradadas no Núcleo de Desertificação do Seridó.

**Palavras-chave:** Caatinga degradada, técnicas nucleadoras, sucessão natural.



SOUSA, F.Q. D.S. Federal University of Paraíba: December 2017. **Soil transposition for restoration of degraded area in the Desertification Nucleus of Seridó, Paraíba.** Advisor: Dr. Jacob Silva Souto.

### **ABSTRACT**

The desertification phenomenon is the process of environmental degradation of arid, semi-arid and dry sub-humid lands, caused by natural factors and anthropic actions. In the Seridó Desertification Nucleus, specifically in the State of Paraíba, the delimited area with high level of degradation covers the municipalities of Santa Luzia and Várzea, and the desertification in this nucleus is particularly related to climatic factors, pedogenetic processes and anthropic interventions. In the light of these considerations, ecological restoration arises as a viable alternative to recover the lost environmental services gone with the degradation. Among the different kinds of restoration models used in Brazil, nucleation is nowadays one of the most widespread. It consists of the use of several techniques that, together, make the natural process of succession easier. One of these techniques, the transposition of soil portions (nuclei), consists of removing the topsoil from the litterer soil layer to a degraded area. Based on it, this research mainly aims to evaluate the possible recovering of a degraded area in the Seridó Desertification Nucleus using the technique of soil transposition (topsoil). In order to do so, through soil quality bioindicators (soil seed bank, edaphic respiration and soil mesofauna) potentialities for ecological restoration of several kinds of soil were evaluated. Seven areas of different microregions of Paraíba semi-arid were selected for the soil transposition, and its allocation in a degraded area. The outlining was in a randomized block, consisting of eight treatments, one for the Control (degraded area) and the other seven for the soil transported from areas preserved in the microregions. Monthly, the soil seed bank, edaphic respiration and soil mesofauna analyzes were performed. The transposition of the soils brought a new seed bank to the area under study, which facilitated the rise of new species. The edaphic respiration and the mesofauna in most transported soils were greater than those in the degraded area. The technique of soil transposition from the several microregions is a viable alternative to stimulate forest succession in degraded areas that cover Seridó Desertification Nucleus.

**Key words:** degraded Caatinga, nucleating techniques, natural succession.

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO I – TRANSPOSIÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE CAATINGA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ, NA PARAÍBA, BRASIL.....</b>	<b>21</b>
Tabela 1. Caracterização físico-química dos solos transportados de cada microrregião, no estado da Paraíba.....	31
Tabela 2. Caracterização da composição florística e número de indivíduos das áreas onde foram realizadas as coletas dos solos.....	31
Tabela 3. Famílias e espécies reconhecidas no banco de sementes dos solos transpostos de cada microrregião do sertão da Paraíba.....	38
Tabela 4. Riqueza, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e índice de Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) do banco de sementes dos solos transpostos.....	42
Tabela 5. Espécies arbustivo-arbóreas e cactáceas que emergiram no banco de sementes do solo durante o período experimental.....	46
Tabela 6. Comparação das médias mensais da densidade de plantas do banco de sementes do solo entre os meses e tratamentos.....	48
<b>CAPÍTULO II - TRANSPOSIÇÃO DO SOLO: RESPIRAÇÃO EDÁFICA E MESOFAUNA COMO BIOINDICADORES EM SOLOS DE CAATINGA.....</b>	<b>57</b>
Tabela 1. Comparação das médias mensais da respiração do solo ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) entre os meses e tratamentos.....	73
Tabela 2. Número e frequência de indivíduos da mesofauna do solo.....	77
Tabela 3. Abundância dos grupos faunísticos por tratamento.....	80
Tabela 4. Riqueza e índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) da mesofauna do solo nos tratamentos.....	82

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO I – TRANSPOSIÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE CAATINGA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ, NA PARAÍBA, BRASIL.....</b>	<b>21</b>
Figura 1. Imagem da área experimental. Fonte: Google earth@.....	25
Figura 2. Municípios da Paraíba onde foram realizadas as coletas dos solos.....	27
Figura 3. Croqui com a distribuição dos tratamentos na área experimental.....	28
Figura 4. Demonstração da coleta dos solos transpostos. A) coleta do solo + serapilheira; B e C) vista geral da área de coleta de solo + serapilheira e D) material ensacado para ser levado à área experimental (SOUSA, 2017).....	29
Figura 5. A) retirada da vegetação e do solo superficial das parcelas experimentais; B e C) distribuição dos sacos e D) deposição dos solos transpostos nas parcelas (SOUSA, 2017).....	30
Figura 6. Avaliação da temperatura do solo nos tratamentos. A) temperatura da superfície do solo e B) temperatura a 15 cm de profundidade do solo (SOUSA, 2017).....	35
Figura 7. Médias mensais da temperatura superficial do solo e a 15 cm de profundidade e as precipitações pluviométricas na área experimental na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB.....	36
Figura 8. Curva de emergência de indivíduos no tempo, na área experimental na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB.....	37
Figura 9. Curva de emergência no tempo por tratamento.....	38
Figura 10. Número de famílias, gêneros e espécies do banco de sementes do solo identificadas por tratamentos.....	42
Figura 11. Dendrograma obtido através do método de agrupamento por média ponderada de grupos (UPGMA), a partir do índice de Jaccard, para os tratamentos que avaliam a composição florística do banco de sementes do solo.....	44
Figura 12. Densidade de indivíduos das principais espécies encontradas nos tratamentos dispostos na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB.....	50
<b>CAPÍTULO II - TRANSPOSIÇÃO DO SOLO: RESPIRAÇÃO EDÁFICA E MESOFAUNA COMO BIOINDICADORES EM SOLOS DE CAATINGA.....</b>	<b>57</b>
Figura 1. Vista geral da área experimental, destacando-se a utilização dos baldes plásticos	

	cobrindo os recipientes com KOH no período seco (A e C) e no período chuvoso (B e D) na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea, PB (SOUSA, 2017).....	64
Figura 2.	Material utilizado para fazer a titulação das amostras recolhidas no campo, na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB (SOUSA, 2017).....	65
Figura 3.	Coleta das amostras de solo para extração da mesofauna nos tratamentos, na área experimental na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea, PB (SOUSA, 2017).....	66
Figura 4.	Aparato de Berlese-Tullgren modificado, utilizado para extração da mesofauna do solo (SOUSA, 2017).....	67
Figura 5.	Microscópio tipo Biovídeo utilizado na identificação dos indivíduos da mesofauna.....	68
Figura 6	Médias mensais do conteúdo de água no solo (%) e da temperatura superficial do solo e a 15 cm de profundidade do solo na área experimental.....	70
Figura 7.	Valores médios mensais de CO <sub>2</sub> (mg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> ) liberados nos turnos diurno e noturno, de outubro de 2015 a setembro de 2016. Letras iguais nas colunas, em cada mês, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.....	71
Figura 8.	Variação mensal no número de indivíduos e nos valores médios transformados ( $\sqrt{x+1}$ ) da mesofauna coletada nos tratamentos durante o período experimental. Letras iguais nas barras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	78

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 O semiárido brasileiro.....	3
2.2 O processo de desertificação.....	5
2.3 Núcleo de Desertificação do Seridó.....	7
2.4 Restauração ecológica.....	8
2.5 Técnicas de nucleação.....	9
2.6 Técnica de Transposição do solo ou <i>Topsoil</i> .....	12
2.7 Banco de sementes do solo.....	13
2.8 Respiração edáfica.....	14
2.9 Mesofauna do solo.....	15
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

<b>CAPÍTULO I – TRANSPOSIÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE CAATINGA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ, NA PARAÍBA, BRASIL.....</b>	<b>21</b>
---	-----------

RESUMO .....	22
ABSTRACT.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Área experimental.....	25
2.2 Transposição do solo das áreas doadoras.....	26
2.3 Caracterização florística e do solo das áreas doadoras .....	30
2.4 Avaliações realizadas nas parcelas experimentais .....	33
2.5 Avaliação da pluviosidade e da temperatura do solo .....	34
2.6 Análises estatísticas .....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
3.1 Curva de emergência no tempo.....	36
3.2 Composição florística do banco de sementes do solo.....	38
3.3 Densidade de plantas/m <sup>2</sup> do banco de sementes do solo.....	47
4 CONCLUSÕES.....	52
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

<b>CAPÍTULO II - TRANSPOSIÇÃO DO SOLO: RESPIRAÇÃO EDÁFICA E MESOFAUNA COMO BIOINDICADORES EM SOLOS DE CAATINGA.....</b>	<b>57</b>
---	-----------

RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
1 INTRODUÇÃO.....	60
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
2.1 Área experimental.....	61
2.2 Transposição do solo das áreas doadoras.....	62
2.3 Avaliação da respiração edáfica.....	63
2.4 Avaliação da mesofauna do solo.....	66
2.5 Avaliação da pluviosidade, teor de água e temperatura do solo.....	69

2.6 Análises estatísticas.....	69
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
3.1 Respiração edáfica.....	69
3.2 Mesofauna do solo.....	77
4 CONCLUSÕES.....	84
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
CONCLUSÕES GERAIS.....	90



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O equilíbrio ecológico do solo tem sido constantemente perturbado por ações antrópicas inadequadas, as quais ocasionam a degradação e a redução da qualidade natural, tornando-o susceptível à desertificação. Segundo Chaves et al. (2015), a desertificação é considerada o processo de degradação ambiental dos solos, resultantes de vários fatores, entre eles, a variação climática e as atividades antrópicas, os quais provocam impactos de grande relevância nas áreas onde o fenômeno se intensifica.

Das áreas mais susceptíveis à desertificação, as mais críticas estão nos Núcleos de Desertificação Gilbués (PI), Seridó (PB/RN), Irauçuba (CE) e Cabrobó (PE). No Núcleo de Desertificação do Seridó, especificamente no Estado da Paraíba, a área delimitada como sendo de alto nível de degradação abrange os municípios de Santa Luzia e Várzea, e a desertificação neste núcleo está relacionada particularmente a fatores climáticos, processos pedogenéticos e intervenções antrópicas (ALVES et al., 2009; PEREZ-MARIN, et al., 2012).

Nos núcleos já existentes, destacam-se como as principais causas de facilitação do processo de desertificação: as queimadas e os desmatamentos para atender a demanda da matriz energética de biomassa florestal que responde por 30% da energia regional, através da produção de carvão e lenha; o manejo inadequado para a pecuária extensiva, que causa o superpastejo; os projetos de irrigação sem critérios ambientais e manejo adequado, que degradam e salinizam os solos; e a ausência de práticas conservacionistas nos sistemas agropecuários (GALINDO et al., 2008; MMA, 2016).

Em áreas onde as atividades predatórias já foram intensificadas e cuja capacidade produtiva dos solos e de regeneração da vegetação são reduzidas, os incentivos devem ser direcionados a projetos de recuperação de áreas degradadas que visem resgatar a integridade dos ecossistemas exauridos.

Dessa forma, a aplicação de técnicas nucleadoras é uma ótima ação para minimizar os efeitos dos processos de fragmentação da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó, pois elas são capazes de refazer, dentro das comunidades, distintos nichos ecológicos, associados aos organismos que as compõem. Além disso, a implementação de projetos de restauração ecológica para a recuperação e conservação dos serviços dos ecossistemas, em regiões semiáridas, se justifica por serem estes de baixa resiliência, provocado pelos baixos índices pluviométricos que dificultam a regeneração de áreas perturbadas, sendo, portanto,



essas técnicas facilitadoras no processo de sucessão natural (LEAL FILHO et al., 2013; MARTINS, 2013; REIS et al., 2014; GELVIZ-GELVEZ et al., 2015).

A técnica de transposição do solo consiste da retirada da camada superficial de um solo mais serapilheira em condições desejáveis para fins de restauração, para alocação em uma área degradada, onde se busca a restauração natural por meios dos propágulos porventura existentes no material transportado. Assim, espera-se que, com o tempo, essas áreas tornem-se núcleos de alta diversidade de espécies, desencadeando o processo sucessional na área degradada como um todo (MARTINS, 2013).

A partir da análise de indicadores de qualidade do solo, se busca avaliar o potencial da técnica de transposição do solo na recuperação de uma área degradada. No entanto, avaliar a qualidade do solo requer o monitoramento de alguns parâmetros que, permitem conhecer o funcionamento do sistema solo de novas áreas em uma área a ser recuperada, a saber: banco de sementes do solo, mesofauna do solo e atividade microbiana, através da respiração edáfica.

A caracterização do banco de sementes do solo é extremamente importante em estudos que visam a restauração ecológica, pois possibilita avaliar o potencial de autorrecuperação de solos degradados (CALEGARI et al., 2013). Dainou et al. (2011) corroboram que a técnica de transposição do solo tem recebido mais atenção em projetos de restauração ecológica, já que o banco de sementes presente no substrato é uma fonte significativa de regeneração e de manutenção natural da biodiversidade.

Além disso, a avaliação dos invertebrados da fauna edáfica do solo, é ferramenta importante na determinação da qualidade ou do nível de degradação do solo. Para Paul e Nongmaithem (2011) a abundância e a diversidade desses organismos edáficos está relacionada com o tipo de solo e com suas características físicas, químicas e biológicas, então, qualquer das alterações nestes atributos podem ser observados por meio da análise desses organismos, sendo assim um bom indicador. Entre os potenciais bioindicadores está o monitoramento das populações de ácaros e colêmbolos, que fazem parte da mesofauna do solo e têm sido muito utilizados (SOUTO et al., 2008; RIEFF et al., 2010).

Atrelado ao estudo da mesofauna do solo está o da atividade microbiana, através da análise da respiração edáfica dos organismos constituintes do solo. Essa respiração refere-se à produção de CO<sub>2</sub>, ou consumo de O<sub>2</sub>, como resultado de processos metabólicos de organismos vivos do solo (SILVA et al., 2012). Segundo Souto et al. (2009) estudos sobre a respiração edáfica ajudam a explicar muitos processos que ocorrem no solo e são de fundamental importância para estudos sobre recuperação de áreas degradadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Semiárido brasileiro

O espaço geográfico do Semiárido brasileiro estende-se por oito estados da região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) mais o Norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão territorial de 980.133,079 km<sup>2</sup> (BRASIL, 2005).

No que tange à extensão territorial dos Estados, os números revelam que 92,97% do território do Rio Grande do Norte estão na porção Semiárida, Pernambuco 87,60%, Ceará 86,74%, Paraíba 86,20%, Bahia 69,31%, Piauí 59,41%, Sergipe 50,67%, Alagoas 45,28% e Minas Gerais 17,49%. Porém, considerando a dimensão territorial das grandes regiões, o Nordeste apresenta 56,46% de seu território na porção Semiárida, o Sudeste com 11,09% e o País alcança os 11,53% (MEDEIROS et al., 2012).

Quanto ao clima, o Semiárido é um tipo de clima caracterizado pelo baixo índice pluviométrico. Na maior parte do ano não chove e a umidade relativa do ar é muito baixa, apresentando índice de aridez classificado entre 0,21 – 0,50 e precipitação média anual que varia entre 300 mm e 800 mm. Geralmente, caracteriza-se por apresentar em uma época do ano chuvas concentradas e um grande período do ano com estiagem (TROLEIS e SANTOS, 2011). Mas esse padrão pode variar conforme as condições climáticas, podendo ocorrer precipitações intensas, muitas vezes ultrapassando 100 mm em um único dia, e sazonalidade irregular, com a época de chuvas podendo iniciar-se em meses distintos, prolongar-se por períodos incertos e encerrar-se, também, em meses diferentes de um ano para outro (SAMPAIO, 2010).

Para Conti e Schroeder (2013), o clima do semiárido brasileiro é pouco diversificado, mesmo considerando a sua grande extensão territorial. Os aspectos de relevo definem alguns locais com maiores altitudes, e, conseqüentemente, microclimas específicos, além disso, a proximidade com o oceano, em alguns locais, resulta na influência das frentes frias e maiores índices pluviométricos.

No que se refere à temperatura, o semiárido brasileiro apresenta elevados índices, cujas médias anuais são da ordem de 26° C a 28° C, com ressalva para as porções de maiores altitudes, as quais possuem médias inferiores a 20° C. As amplitudes térmicas anuais são pouco significativas, variando de 2° a 5° C. Em virtude da posição geográfica, a área sofre

com a evapotranspiração – potencial de evapotranspiração é maior do que as precipitações – que por sua vez determina o déficit hídrico, provocando seca (ARAÚJO, 2011).

A geologia no ambiente semiárido é bastante variável, porém com predomínio de rochas cristalinas, seguidas de áreas sedimentares. Em menor proporção, encontram-se áreas de cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou areno-argilosos (CUNHA et al., 2008).

De maneira geral, os solos de origem sedimentar, lixiviados ao longo de milhões de anos, são pouco férteis, deficientes em fósforo e cálcio. Nas chapadas, tendem a ser mais pobres em nutrientes que os dos patamares intermediários, porque estes últimos recebem menos chuva e são formados por camadas de descobrimento mais recente, logo, com menor intemperismo (SAMPAIO, 2010).

Os solos do cristalino são mais variáveis, indo dos férteis (em geral, os de textura mais argilosa), aos pouco férteis (como os muito arenosos). De forma muito genérica, há deficiência de fósforo em boa parte deles, mas não de potássio, cálcio e magnésio. Merecem destaque os solos dos aluviões (Neossolos Flúvicos) que, embora de composição muito distinta, em função do material depositado, costumam acumular camadas profundas e nutrientes lixiviados das encostas e depositados com as cheias dos rios, guardando boa fertilidade. Juntando com a disponibilidade hídrica dos lençóis freáticos, dão aos aluviões boas condições de crescimento das plantas (SAMPAIO, 2010).

Quanto à topografia, caracteriza-se por apresentar relevo variando de plano a forte ondulado. A altitude média varia entre 400 m e 500 m, podendo atingir 1.000 m nos planaltos. Também, podem ser verificadas outras superfícies de menor extensão, como bacias sedimentares com relevo suave ondulado, superfícies cársticas, superfícies dissecadas, tabuleiros costeiros com relevo plano ou suave ondulado, baixadas aluviais, serras, serrotes e inselbergues dispersos na região (JACOMINE, 1996).

As características intrínsecas do clima semiárido, atrelados ao relevo e a diversidade do material de origem, possibilitaram a formação de diversas classes de solos, os quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens e, também, solos evoluídos e profundos (CUNHA et al., 2008). Segundo Salcedo e Sampaio (2008), quatro ordens de solo (Latosolos – 19%; Neossolos Litólicos – 19%; Argissolos – 15% e Luvisolos – 13%) de um total de 15 tipos de solo, ocupam 66% das áreas sob Caatinga, embora estejam espacialmente fracionadas.

A vegetação que predomina no semiárido brasileiro, cobrindo a maior parte de sua extensão geográfica, é a Caatinga e, em consequência dos fatores climáticos, grande parte das espécies vegetais são caducifólias, ou seja, têm folhas decíduas, que caem na época de seca em resposta à escassez de água, influenciando desta forma, na denominação do termo “Caatinga” que significa “mata-branca” no tupi-guarani (LOIOLA et al., 2012).

As fisionomias de Caatinga são muito variáveis, dependendo do regime de chuvas e do tipo de solo, variando de florestas altas e secas com até 15-20 m de altura em solos melhores e em localidades mais úmidas, até afloramentos de rochas com arbustos baixos esparsos e espalhados, com cactos e bromeliáceas nas fendas (PRADO, 2003).

Considerando as diferentes fisionomias, a Caatinga possui um patrimônio biológico bastante diversificado, com ocorrência de táxons raros, endêmicos e uma riqueza inestimável de espécies vegetais e animais (GIULIETTI et al., 2004).

Do ponto de vista vegetacional, a caatinga é peculiar e diversificada em fisionomia e composição, sendo representada por aproximadamente 5.344 espécies de fanerógamas e desses 318 espécies são endêmicas. Em se tratando de espécies lenhosas, as famílias *Euphorbiaceae* e *Fabaceae* são geralmente as que se encontram com o maior número de indivíduos por espécie em estudos realizados nas regiões de Caatingas. Já a família *Cactaceae* é uma das com grande número de espécies endêmicas, sendo representada por 41 espécimes (TABARELLI e SILVA, 2003; GIULIETTI et al., 2004).

## 2.2 O processo de desertificação

O fenômeno desertificação é considerado o processo de degradação ambiental das terras, em constante ocorrência, das zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, ocasionadas por fatores naturais e ações antrópicas (CHAVES et al., 2015).

De modo geral as regiões semiáridas se caracterizam pela aridez do clima, a deficiência hídrica e precipitações pluviométricas imprevisíveis, além de fatores como a degradação ambiental e o uso inadequado da terra e dos recursos naturais para atividades de agricultura, pecuária e mineração. Em virtude de suas peculiaridades climáticas e socioculturais, estas áreas encontram-se seriamente ameaçadas de degradação com, pelo menos, seis núcleos de desertificação reconhecidamente já instalados.

Os núcleos já existentes são (PINTO et al., 2009; IBGE, 2010; PEREZ-MARIN et al., 2012):

Primeiro: Núcleo de Gilbués – localizado no extremo sul do Estado do Piauí, dentro da região fitogeográfica Caatinga – Cerrado. Compreende uma área afetada de 6.131 km<sup>2</sup>, com 20 mil habitantes. Abrange os municípios de Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Barreiras do Piauí, São Gonçalo do Gurgueia, Santa Filomena e Alto Parnaíba;

Segundo: Núcleo de Irauçuba – está localizado no oeste do Estado do Ceará, na região fitogeográfica dos Inhamuns. Compreende uma área afetada de 4.099 km<sup>2</sup> envolvendo os municípios de Sobral, Forquilha e Irauçuba, com população rural de 35 mil habitantes;

Terceiro: Núcleo do Seridó – localizado no centro do “Polígono das Secas”, em parte dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, região fitogeográfica do Seridó. O Núcleo abrange os municípios de Currais Novos, Cruzeta, Equador, Carnaúba do Dantas, Acari, Parelhas, Caicó, Jardim do Seridó, Ouro Branco, Santana do Seridó e São José do Sabugí no RN, e na PB, Santa Luzia e Várzea. A área afetada é de 2.987 km<sup>2</sup> com 260 mil habitantes;

Quarto: Núcleo de Cabrobó – está localizado no sul do Estado de Pernambuco, região fitogeográfica do Sertão Central, e abraça os municípios de Cabrobó, Orocó, Santa Maria da Boa Vista, Belém do São Francisco, Salgueiro, Parnamirim, Itacuruba, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina e Floresta. A área afetada é de 4.960 km<sup>2</sup> com 24 mil habitantes;

Quinto: Núcleo Cariris Velho – esse Núcleo está localizado na fração voltada ao sudoeste da Chapada da Borborema paraibana, região fitogeográfica dos Cariris Velhos. Compreende os municípios de Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras, Camalaú e municípios vizinhos, com área afetada de 2.805 km<sup>2</sup> com 44.877 habitantes;

Sexto: Núcleo do Sertão do São Francisco – localizado no nordeste do estado da Bahia, na região fitogeográfica do sertão do São Francisco. Abrange os municípios de Uauá, Macururé, Chorrochó, Abaré, Rodelas, Curaçá, Glória, Jeremoabo, Juazeiro, Canudos, Antas, Coronel João Sá, Novo Triunfo e Paulo Afonso. Compreende uma área afetada de aproximadamente 34.254 km<sup>2</sup>, com 366.561 habitantes.

A desertificação é resultante de vários fatores e vetores, onde, incluído aos fatores naturais, está às variações climáticas e a baixa relação entre precipitação pluviométrica e evapotranspiração, resultando, em geral, no déficit de água para o consumo animal, humano e para a regeneração e manutenção da biomassa vegetal. Outro fator natural que colabora para a origem do processo de desertificação está relacionada aos processos de erosão, que tem origem na formação, gênese e morfologia de seus solos e na relação solo-paisagem (PEREZ-MARIN et al., 2012).

Como vetor, a ação humana é decisiva para provocar ou acelerar a desertificação, estando estreitamente ligado ao uso indiscriminado dos recursos florestais sem critérios de manejo sustentável. Nos núcleos já existentes, destacam-se como as principais causas de facilitação do processo de desertificação: as queimadas e os desmatamentos, para atender a demanda da matriz energética de biomassa florestal que responde por 30% da energia regional, através da produção de carvão e lenha; o manejo inadequado para a pecuária extensiva, que causa o superpastejo; os projetos de irrigação sem critérios ambientais e manejo adequado, que degradam e salinizam os solos; e a ausência de práticas conservacionistas nos sistemas agropecuários (GALINDO et al., 2008).

Por fim, desertificação é um fato que deve ser entendido com fenômeno integrador de processos econômicos, sociais e naturais e /ou induzidos que destroem o equilíbrio dos solos, da vegetação, do clima e da água, bem como a qualidade de vida nas áreas sujeitas a uma aridez edáfica e/ou climática (ALVES et al., 2009).

### 2.3 Núcleo de Desertificação do Seridó

O Núcleo de Desertificação do Seridó está localizado no centro do Polígono das Secas, em parte dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, região fitogeográfica do Seridó, e abrange vários municípios (PEREZ-MARIN, et al., 2012).

As causas da desertificação na Paraíba e no Rio Grande do Norte não diferem das que são encontradas em outros estados nordestinos. Elas são decorrentes, além dos fatores climáticos, do uso inadequado dos recursos naturais, de práticas agrícolas inapropriadas e, sobretudo de modelos de desenvolvimento macro e microeconômicos de curto prazo (ALVES et al., 2009). As condições materiais para o estabelecimento dos processos de desertificação se inicia com a destruição da cobertura vegetal natural e por interações das atividades antrópicas com as variações de clima e tempo (CHAVES et al., 2015).

No Núcleo de Desertificação do Seridó, a formação vegetal é caracterizada por apresentar vegetação com plantas espinhosas, de baixo porte, com espaçamento entre os seus componentes maior do que o observado em outras vegetações e estrato herbáceo que surge com maior intensidade na estação chuvosa. Além disso, observa-se a fixação da vegetação nos solos que são caracterizados por serem poucos intemperizados, quimicamente ricos, rasos, pedregosos, com grande presença de afloramentos rochosos e com baixa capacidade de

retenção de água, classificados como Neossolos Litólicos e Luvisolos (PEREZ-MARIN, et al., 2012; SANTOS et al., 2013).

O clima na região do Núcleo é classificado como muito quente e semiárido, possui estiagens prolongadas e estrutura geológica formada pelo embasamento cristalino (gnaisses, micaxistos, granitos, etc.). O relevo apresenta topografia acidentada, encostas mais acentuadas e solos que apresentam intensos processos de erosão, derivados principalmente de retirada da cobertura vegetal para lenha (BRASIL, 2010).

Ao longo do tempo, vários autores classificaram a Caatinga do Seridó como uma subespécie de Caatinga, devido as fortes influências antrópicas, principalmente por causa das repetidas queimadas, das quais lançavam mão os primeiros colonizadores. Outros autores caracterizaram a Caatinga do Seridó como distinta das outras Caatingas, pelo porte e pela densidade de plantas (ANDRADE-LIMA, 1981; AMORIM et al., 2005). A Estação Ecológica do Seridó, no município de Serra Negra do Norte, RN, transformada em Unidade de Conservação em 1982, que era anteriormente uma fazenda, é utilizada para caracterização da flora potencial do Seridó (AMORIM et al., 2005; SANTANA e SOUTO, 2006).

## 2.4 Restauração ecológica

Na região semiárida, onde a fragilidade dos ecossistemas favorece o processo de desertificação, várias alternativas que busquem preservar o meio ambiente devem ser implantadas, desde políticas públicas voltadas a preservação e conservação da caatinga, como por políticas voltadas a educação no campo, que vise diminuir a intensa pressão exercida por atividades humanas inadequadas.

Em áreas onde as atividades predatórias já foram bastante intensificadas e cuja capacidade produtiva dos solos e de regeneração da vegetação são baixas, os incentivos devem ser direcionados a projetos de recuperação de áreas degradadas que vise resgatar a integridade dos ecossistemas exauridos. Nesse contexto, a restauração ecológica surge como uma alternativa viável para resgatar parte da biodiversidade, das interações ecológicas e dos serviços ambientais perdidos com a degradação (REY BENAYAS et al., 2009).

Pesquisas com ênfase na restauração ecológica já vem sendo bastante utilizada e, cada vez mais aprimorada e adaptada para diversas regiões, conforme as condições ambiental e climática de cada uma. Segundo Boaneres e Azevedo (2014), a conscientização da população

sobre a conservação ambiental está aumentando e isso trouxe um aumento no número de estudos de recuperação ambiental.

De acordo com a definição proposta pela Society for Ecological Restoration – SER, “Restauração Ecológica é o processo de assistência da recuperação de ecossistemas que têm sido degradados, danificados ou destruídos” (SER, 2004). Um ecossistema é considerado restaurado quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais.

A restauração ecológica busca ajudar à natureza se recompor, de forma que os processos sucessionais ocorram na área degradada, restaurando uma biodiversidade equivalente com o clima regional e com as potencialidades locais do solo (REIS et al., 2003). Para Feng et al. (2013) a restauração ecológica tem sido uma importante ferramenta para mitigar pressões humanas sobre os ecossistemas naturais, pois visa melhorar os serviços dos ecossistemas, através da implementação de inúmeros modelos de restauração.

É importante entender que o princípio básico da restauração não é irradiar uma área de espécies, mas ajudar a natureza a criar condições básicas para que as espécies cheguem gradativamente, de forma a se integrarem dentro das funções que a nova comunidade exerce no tempo e nos seus distintos espaços. Portanto, as ações em um projeto de restauração buscam devolver o ecossistema até o ponto em que ele seja resiliente, ou seja, que tenha a capacidade de se sustentar (SMA, 2011).

## 2.5 Técnicas de nucleação

Dentre os diversos modelos de restauração utilizados no Brasil, a nucleação é hoje um dos mais difundidos, principalmente quando a área a ser recuperada não é muito extensa e, ou, se dispõe de pouco recurso financeiro para a sua restauração (REIS et al., 2007; LEAL FILHO et al., 2013; MARTINS, 2013).

O modelo de nucleação consta da utilização de várias técnicas que, juntas, são facilitadoras no processo natural de sucessão, pois modificam as condições ambientais nas áreas degradadas (CORBIN e HOLL, 2012). Para Reis et al. (2007), a aplicação desse modelo, baseado na criação de núcleos de diversidade pela implantação das técnicas nucleadoras e concomitantemente de espaços abertos entre esses núcleos, permite que a heterogeneidade local se expresse na área a restaurar, promovendo a formação de distintos ritmos sucessionais no tempo e no espaço.



As técnicas nucleadoras utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas baseiam-se em conceitos ecológicos, como heterogeneidade ambiental, sucessão de comunidades naturais, permeabilidade da paisagem, entre outros, buscando potencializar a restauração local integrando os elementos da fauna e flora que o compõem, possibilitando, assim, o restabelecimento das relações ecológicas (REIS et al., 2014).

Segundo Bechara (2006), técnicas de nucleação estão baseadas na influência que determinadas espécies, ditas colonizadoras, exercem no ambiente, melhorando a qualidade deste e possibilitando a entrada de organismos mais exigentes no processo de sucessão vegetal. A nucleação é, portanto, a geração de um modelo de facilitação da sucessão que uma ou mais espécies introduzidas numa determinada área degradada modificam as condições ambientais, facilitando o estabelecimento de outras espécies (MARTINS, 2013).

Boanares e Azevedo (2014), através de um levantamento bibliográfico de publicações existentes em vários países entre 1996 a 2012 sobre restauração ecológica por meio das técnicas de nucleação, observaram que as técnicas mais utilizadas são: nucleação através do plantio de mudas, transposição de galhadas, transposição do solo (*topsoil*), transposição da chuva de sementes e utilização de poleiros naturais e artificiais, e que o Brasil é um dos países com maior número de trabalhos nessa área.

A seguir são citadas, resumidamente, algumas técnicas de nucleação utilizadas em pesquisas de restauração ecológica desenvolvidas no Brasil (REIS et al., 2003; BECHARA, 2006; MARTINS, 2013; MARTINS et al, 2015):

- Plantio de mudas:

A formação de núcleos ou ilhas de vegetação através do plantio de mudas de espécies de ervas, lianas e, principalmente, de espécies arbustivo-arbóreas busca criar pequenas manchas de floresta com alta diversidade de espécies numa paisagem degradada, que, com o decorrer do tempo, irradiarão para toda a área.

A produção de ilhas tem como objetivo, através de plantas com precocidade para florir e frutificar, atrair predadores, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos formados.

- Transposição de galhadas:

A técnica de transposição de galhada consiste no acúmulo de galhos, troncos e resíduos florestais, formando núcleos, atuando como refúgios artificiais para a fauna, por apresentar um clima mais favorável.

As leiras de galharia no campo constituem, além de incorporação de matéria orgânica no solo e potencial de rebrotação e germinação, abrigos e microclima adequado para diversos animais, como roedores, cobras e avifauna, pois são locais para ninhos e alimentação. As leiras normalmente são ambientes propícios para o desenvolvimento de larvas de coleópteros decompositores da madeira, cupins e outros insetos.

- Poleiros naturais e artificiais:

A utilização de poleiros para atração de aves e morcegos dispersores de sementes tem sido indicada como alternativa viável para nucleação florestal em áreas degradadas. Parte-se do princípio de que cada poleiro funcionará como local de pouso para pássaros e morcegos que se deslocam entre remanescentes florestais, possibilitando que esses depositem sementes nas proximidades dos poleiros através de suas fezes e material regurgitado. A técnica resulta em núcleos de diversidade ao redor dos poleiros que, com o tempo, irradiam-se por toda a área degradada.

Os poleiros podem ser naturais ou artificiais. Poleiros naturais são obtidos através do plantio de espécies arbóreas de rápido crescimento e arquitetura de copa que favoreça o pouso das aves ou da conservação de indivíduos remanescentes na área degradada.

Poleiros artificiais podem ser confeccionados com varas de bambu, com árvores mortas e com ramificações de árvores mortas amarrado em barrotes de madeira. A altura do poleiro deve ser suficiente para facilitar o pouso de aves e morcegos.

- Transposição da chuva de sementes:

A transposição da chuva de sementes é uma ótima alternativa para viabilizar projetos de semeadura direta de sementes de espécies nativas, tanto no enriquecimento de capoeiras como em áreas degradadas em geral.

A chuva de sementes é a quantidade de sementes que chega até um determinado local via ação de agentes bióticos (fauna) e abióticos (vento e água) e representa a principal forma de entrada de sementes no banco do solo.

Para a transposição é necessário coletar as sementes, antes que essas atinjam o chão da floresta, o que é feito através de coletores instalados no interior dos fragmentos florestais próximos. O passo seguinte é a semeadura direta das sementes nas áreas que estão sendo recuperadas.

## 2.6 Técnica de transposição do solo ou *topsoil*

O solo, durante processos degradativos, sofre profundas modificações quanto às suas composições química, biológica e estrutural. A perda da matéria orgânica é a principal consequência da degradação, retardando o processo sucessional de restauração (REIS et al., 2003). Portanto, a transposição de pequenas porções (núcleos) de solo não degradado representa grandes probabilidades de recolonização da área com microorganismos, sementes e outros propágulos de espécies vegetais pioneiras (REIS et al., 2007).

A técnica de transposição do solo consiste da retirada da camada superficial de solo mais serapilheira de uma área com sucessão mais avançada (em condições desejáveis para fins de restauração), para alocação em uma área degradada, onde se busca a restauração natural por meios dos propágulos existentes no material transportado. Assim, espera-se que, com o tempo, essas áreas tornem-se núcleos de alta diversidade de espécies, desencadeando o processo sucessional na área degradada como um todo (MARTINS et al., 2015).

A transposição do banco de sementes do solo tem sido indicada como alternativa de restauração florestal em áreas degradadas, dado o seu baixo custo financeiro e a possibilidade de conter alta riqueza florística e densidade de sementes viáveis (REIS et al., 2010; MARTINS et al., 2015).

Vários são os autores com publicações voltada a restauração de áreas degradadas utilizando a técnica de transposição do solo (BECHARA, 2006; REIS et al., 2007; REIS et al., 2010; CORBIN e ROLL, 2012; MARTINS, 2013; CALEGARI et al., 2013; BOANARES e AZEVEDO, 2014; MARTINS et al., 2015), e todos defende a hipótese de que a partir da transposição de núcleos de solo de fragmentos preservados, um novo ritmo sucessional será internalizado na área, resgatando parte dos atributos e funções de um solo originalmente conservado e as interações entre organismos.

A transposição do solo, além de restaurar o solo, representa uma das técnicas mais importantes no processo de regeneração natural em áreas degradadas, pois nela está contido o banco de sementes do solo, que contém um estoque de sementes viáveis desde a sua superfície até camadas mais profundas (CALEGARI et al., 2013).

Além do banco de sementes, essa técnica possibilita a reintrodução de populações de diversas espécies da micro, meso e macro fauna/flora do solo (microorganismos decompositores, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas, etc.), importantes na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo (REIS et al., 2010). Esses

elementos, segundo Miranda Neto et al. (2010), são essenciais para o estabelecimento das plântulas recrutadas do banco e posterior desenvolvimento da vegetação quando depositada em áreas onde o solo foi degradado.

## 2.7 Banco de sementes do solo

É reconhecido que em qualquer habitat de plantas superiores existem sementes no solo, normalmente referidas como banco de sementes do solo. E este conjunto de sementes, juntamente com estruturas vegetativas, assegura a regeneração das espécies (FAVETRO e MEDEIROS, 2004).

O banco de sementes do solo é constituído tanto por sementes produzidas em determinada área quanto por aquelas transportadas de outros locais, sendo estas viáveis, em estado de dormência real ou imposta, quando presente na superfície ou no interior do solo (CALEGARI et al., 2013). É um componente de extrema importância na conservação da diversidade de espécies e de genótipos de plantas, participando de processos ecológicos, como o restabelecimento de populações após distúrbios naturais e antrópicos (BAIDER et al., 2001).

Dois grupos principais de banco de sementes são observados em ecossistemas tropicais: transitórios e persistentes. Nos transitórios, dificilmente as sementes persistem viáveis no solo por mais de um ano. A maioria das sementes dos bancos transitórios estão adaptadas a explorar espaços abertos decorrentes de distúrbios previsíveis no tempo. No caso dos persistentes, uma fração do banco de sementes geralmente permanece viável no solo por mais de um ano, ou seja, as sementes persistem por períodos mais longos. Este grupo é representado geralmente por espécies características de ambientes sujeitos a distúrbios imprevisíveis no tempo e no espaço (GARWOOD, 1989; FAVETRO e MEDEIROS, 2004).

Segundo Martins et al. (2015), o banco de sementes do solo, como um dos principais mecanismos de regeneração das florestas, tem papel chave na cicatrização de clareiras naturais ou antrópicas e na colonização de grandes áreas abertas como pastagens abandonadas. Figliolia et al. (2004) argumentam que o conhecimento do banco de sementes pode dar informações sobre a densidade e composição florística das sementes estocadas no solo e também sobre o potencial de regeneração de uma área. Portanto, o conhecimento do banco de sementes é essencial para o entendimento dos processos de regeneração natural ocorrentes em comunidades vegetais.

Outro aspecto positivo da transposição do solo é que, junto com o banco de sementes, outras estruturas reprodutivas, como pedaço de raízes com capacidade de rebrota, podem também ser transferidas para a área que se pretende restaurar. Neste contexto, o banco de sementes do solo, considerando sua dinâmica, composição florística e densidade, é um bom indicador do estado de conservação e do potencial de restauração de ecossistemas florestais (MARTINS, 2013; REIS et al., 2014).

## 2.8 Respiração edáfica

A respiração edáfica pode ser definida como a produção de  $\text{CO}_2$ , ou consumo de  $\text{O}_2$ , como resultado de processos metabólicos de organismos vivos do solo, mostrando algumas etapas de maior vigência no processo de decomposição da matéria orgânica e reflete dois processos gerais: redução de C pelo sistema solo e reciclagem de nutrientes (SILVA et al., 2010).

A respiração edáfica é um método comum e simples de avaliar a atividade biológica no solo, sendo de fácil execução e baixos custos (SAVIN et al., 2001). Feigl et al. (1995) explicam que para quantificar a atividade microbiana, um dos mais antigos parâmetros é a respiração do solo e pode ser utilizada para se documentar mudanças na dinâmica do carbono do solo em áreas que sofreram algum tipo de interferência.

Análises de gases produzidos pelo solo fornecem importantes indícios dos processos radiculares e microbiais ocorrentes no solo. Segundo Souto et al. (2013), a taxa de respiração edáfica, medida no campo, reflete a emissão real do  $\text{CO}_2$  no solo florestal. Para Silva et al. (2010), práticas que contribuem para a adição, ou remoção de material vegetal do solo, acarretam alterações na biomassa microbiana, as quais podem ser avaliadas pelos quantitativos de gás carbônico produzido.

A velocidade dessa liberação de carbono vai depender de fatores bióticos (microrganismos do solo) e abióticos (umidade, temperatura), assim, qualquer fator que altere as condições microclimáticas do solo e sua interface com a atmosfera pode afetar a taxa de respiração e o balanço de carbono em escala local e regional (VALENTINI et al., 2015).

## 2. 9 Mesofauna do solo

A fauna edáfica é composta por animais invertebrados que passam uma parte do ciclo vital ou toda a vida no solo. Segundo Pereira et al. (2012), um número significativo de organismos habita o solo e está em permanente interação com o mesmo. As atividades exercidas por estes determinam, em grande parte, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CORREIA e ANDRADE, 2008).

Segundo Berude et al. (2015) os invertebrados da fauna edáfica do solo são extremamente importantes. As atividades exercidas por estes contribuem para a estruturação do ambiente terrestre, por desempenharem papel fundamental na decomposição de material vegetal, na ciclagem de nutrientes e na regulação dos processos biológicos do solo.

Existem diversas maneiras de classificar a biota do solo. O tamanho corporal geralmente é o critério principal, mas os aspectos da mobilidade, hábito alimentar e função que desempenham no solo também são considerados. As classificações mais utilizadas envolvem a separação dos animais segundo o diâmetro do corpo ou o comprimento (MORAIS et al., 2013).

A mesofauna é um dos grupos que desenvolve papel fundamental na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo e inclui os organismos entre 0,2 e 2,0 mm de comprimento, pertencentes às classes Oligochaeta (família Enchytraeidae), Symphyla (sínfilos), Pauropoda (paurópodos), Protura (proturos), Diplura (dipluros), Collembola (colêmbolos), Arachnida e Insecta. A classe Arachnida é representada pelas ordens Pseudoscorpionida (pseudoescorpiões), Palpigradi (palpígrados) e Acari (ácaros). A classe Insecta é representada pelas ordens Diptera (dípteros), Coleoptera (coleópteros ou besouros) e Isoptera (isópteros ou cupins) (SOUTO et al., 2008; BARROS et al., 2010; PEREIRA et al., 2012; MORAIS et al., 2013).

Os grupos Acarina e Collembola são os mais ricos em espécies e indivíduos da mesofauna edáfica – cerca da metade são habitantes do solo –, sendo os ácaros mais diversos que os colêmbolos em espécies conhecidas no Brasil (BROWN et al., 2015).

Ácaros e colêmbolos influenciam diretamente na fertilidade do solo, estimulando a atividade microbiana, inibindo fungos e bactérias causadoras de doenças e transportando matéria orgânica em decomposição para níveis mais profundos do perfil do solo (CORREIA e ANDRADE, 2008). Por serem sensíveis as mudanças no solo e na cobertura vegetal,

provocadas por atividades antrópicas ou por causas naturais, esses organismos podem ser usados como bioindicadores da qualidade do solo (BARROS et al., 2010).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. J. A.; SOUZA, E. N.; NASCIMENTO, S. S. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. **Revista RA'EGA**, v. 17, n.2, p.139-152, 2009.

AMORIM, I. L. B.; SAMPAIO, E. V. S.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.19, n.3, p.615-623, 2005.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatinga dominium. **Revista Brasileira Botânica**, v.4, n.2, p.149-153, 1981.

ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Revista Rios Eletrônica**. v.5, n.5, p.89 – 98, 2011.

BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61, n.1, p.35-44, 2001.

BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; SAUTTER, K. D.; BUSCHLE, B.; OLIVEIRA, E. B.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C. P.; KUMMER, L. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: II - mesofauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1413-1426, 2010.

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006. 248 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p.14-28, 2015.

BOANARES, D.; AZEVEDO, C. S. The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v.12, n.2, p.93-98, 2014.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN- BRASIL**. Brasília, DF, 2004. 213 p.

BRASIL. **Desertificação, desenvolvimento sustentável e agricultura familiar: recortes no Brasil, em Portugal e na África.** Emília Moreira, Ivan Targino (Org). João Pessoa: Editora Universitária da UFPB; Ministério do Meio Ambiente, 2010. 344 p.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, L.; ANTONIOLI, Z. I.; DECAENS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B.; **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica.** 1ª edição. Brasília – DF: Embrapa, 2015. 154p.

CALEGARI, L.; MARTINS, S.V.; CAMPOS, L.C.; SILVA, E.; GLERIANE, J.M. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CHAVES, I. B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V.; CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, v.8, n.1, p.183-195, 2015.

CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. O. **Convivência com o Semiárido Brasileiro:** Autonomia e Protagonismo Social. Brasília: ed. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade – IABS. 2013. 232p.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2ª edição. Porto Alegre: editora Metropole, 2008. 654p.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Journal Forest Ecology and Management**, v.265, n.(n), p.37-46, 2012.

CUNHA, T. J. F.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M. S. L.; GIONGO, V.; S A, I. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco:** potencialidades e limitações para uso agrícola. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60 p.

FAVRETO, R.; MEDEIROS, R. B. Bancos de sementes do solo em áreas agrícolas: potencialidades de uso e desafios para o manejo. **Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1-2, p.79-89, 2004.

FEIGL, B. J., STEUDLER, P. A., CERRI, C. C. Effects of pasture introduction on soil CO<sub>2</sub> emissions during the dry season in the state of Rondônia, Brazil. **Journal Biogeochemistry**, v.31, p. 1-14, 1995.

FENG, X.; FU, B.; LU, N.; ZENG, Y.; WU, B. How ecological restoration alters ecosystem services: an analysis of carbon sequestration in China's Loess Plateau. **Journal Scientific Reports**, v.3, n.2846, p.1-5, 2013.



FIGLIOLIA, M. B.; FRANCO, G. A. D. C.; CONTIERI, W. A. Banco de sementes do solo e potencial de regeneração de área ripária alterada, em Paraguaçu Paulista, SP. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas e conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. 1ª edição. São Paulo: editora Páginas e Letras; 2004. 480p.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n.(n), p.1283-1296, 2008.

GARWOOD, N. C. **Tropical Soil Seed Banks: a Review**. In: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. eds Ecology of Soil Seed Banks. New York: Academic Press; 1989. 149-209p.

GIULIETTI, A. M.; NETA, A. L. B.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma caatinga. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004. 382p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 317p.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatinga: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa: SBCS; 1996. 930p.

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. Caatinga: vegetação do semiárido do Brasil. **Revista Ecologia**, v.4, p.14-19, 2012.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e área de mineração**. 3ª edição. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2013. 264p.

MARTINS, S. V.; BORGES, E. E. L.; SILVA, K. A. O banco de sementes do solo e sua utilização como bioindicador de restauração ecológica. In: MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 2ª edição. Viçosa-MG: editora UFV, 2015. 376p.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINOCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA. 2012. 103p.

MORAIS, J. W.; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora UFLA; 2013. 351p.

PEREZ-MARIN, A.M.; CAVALCANTE, A.M.B.; MEDEIROS, S.S.; TINÔCO, L.B.M.; SALCEDO, I.H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. **Revista Parcerias Estratégicas**, v.17, n. 34, p.87-106, 2012.

PEREIRA, R. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA. **Revista Magistra**, v. 24 (número especial), p. 63-76, 2012.

PINTO, R. M. S.; CARVALHO, V. C.; ALVALÁ, R. C. S. Mapas de variabilidade temporal do uso e cobertura da terra do núcleo de desertificação de Irauçuba (CE) para utilização em modelos meteorológicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais ... INPE**, p.6077-6083.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: editora Universitária/UFPE; 2003. 822p.

REY BENAYAS, J. M. R.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. Enhancement of biodiversity and ecosystems services by ecological restoration: a meta-analysis. **Journal Science**, v. 325, n. 5944, p. 1121-1124, 2009.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Revista Natureza e Conservação**, v.1, n.1, p.28-36, 2003.

REIS, A.; BECHARA, C.; TRES, D. R. A Nucleação na restauração ecológica de ecossistemas tropicais. **Revista Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 244-250, 2010.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 27, n.55, p.67-73, 2007.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª edição. Porto Alegre: Metrópole; 2008. 654p.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro; 2010. 368 p.

SANTANA, J. A. DA S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó, RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.6, n.2, p.232-242, 2006.

SANTANA, M. O. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente (Secretaria de Recursos Hídricos), Universidade Federal da Paraíba. Brasília: MMA; 2007. 134p.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª edição. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SAVIN, M. C.; GÖRRES, J. H.; NEHER, D. A.; AMADOR, J. A. Biogeophysical factors influencing soil respiration and mineral nitrogen content in an old field soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 4/5, p. 429-438, 2001.

SER. **Society for Ecological Restoration (SER) International**, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. 2004. Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. Disponível em: <[www.ser.org](http://www.ser.org)>. Acesso em: 02 maio 2017.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 1, p. 1585-1592, 2010.

SMA. **Restauração ecológica: sistemas de nucleação**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. (Eds.) KUNTSCHIK, D.P.; EDUARTE, M.; ARMELIN, R.S. 1ª.edição. São Paulo: SMA, 2011. 66p.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.32, p.151-160, 2008.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; BAKKE, I. A.; SALES, F. C. V.; SOUZA, B. V. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de caatinga. **Revista Cerne**, v. 19, n. 4, p. 559-565, 2013.

TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 1ª edição. Recife: editora Universitária da UFPE; 2003. 822p.

TROLEIS, A. L.; SANTOS, A. C. V. **Estudos do Semiárido**. 2ª dição. Natal: EDUFRN; 2011. 168p.

VALENTINI, C. M. A.; ABREU, J. G.; FARIA, R. A. P. G. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 127-143, 2015.

## **CAPÍTULO I**

TRANSPOSIÇÃO DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO PARA RESTAURAÇÃO  
ECOLÓGICA EM ÁREA DE CAATINGA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO DO  
SERIDÓ, NA PARAÍBA, BRASIL

SOUSA, F. Q. D.S. Universidade Federal da Paraíba: dezembro de 2017. **Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó.** Orientador: Dr. Jacob Silva Souto.

## **RESUMO**

A exploração desenfreada da Caatinga tem causado a degradação em diversas áreas. Nesse contexto, a restauração ecológica, através das técnicas de nucleação, torna-se importante ferramenta para mitigar pressões humanas sobre os ecossistemas naturais exauridos. Diante disto, o presente estudo teve como objetivo verificar o potencial da transposição do banco de sementes do solo como estratégia facilitadora da restauração ecológica em uma área degradada no Núcleo de Desertificação do Seridó. Os solos transportados foram depositados em parcelas de 1m<sup>2</sup>, em delineamento em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Avaliou-se a curva de germinação no tempo, composição florística, diversidade, similaridade e densidade/m<sup>2</sup> do banco de sementes do solo. Registrou-se a germinação de 24.854 indivíduos, distribuídos em 17 famílias, 49 gêneros e 78 espécies. O tratamento controle apresentou maior densidade, porém a riqueza de espécies foi maior nos tratamentos que receberam os solos transpostos. A transposição do solo também permitiu a inclusão da forma de vida arbustivo-arbórea nos locais de deposição. Os parâmetros analisados evidenciam que a técnica transposição do solo estimulou a sucessão na área degradada.

**Palavras-chave:** área degradada, *topsoil*, sucessão ecológica.

SOUSA, F.Q. D.S. Federal University of Paraíba: December 2017. **Soil seed bank transposition for the ecological restoration of caatinga in the Seridó Desertification Nucleus**. Advisor: Dr. Jacob Silva Souto.

### **ABSTRACT**

Caatinga unbridled exploitation has been causing the degradation of several areas. In this context, ecological restoration, through nucleation techniques, becomes an important tool to mitigate human pressures on exhausted natural ecosystems. Therefore, the present study aimed to verify the potential of the soil seed bank transposition as a facilitating strategy to the ecological restoration in a degraded area in Seridó Desertification Nucleus. Transported soils were deposited in 1.0m<sup>2</sup> portions, in randomized blocks with eight treatments by four repetitions. The curve of germination in time, floristic composition, diversity, similarity and density/m<sup>2</sup> of the soil seed bank was evaluated. The germination of 24,854 individuals was registered, and distributed in 17 families, 49 genera and 78 species. The control treatment presented higher density, but the diversity of species was higher on the treatments that received the transposed soils. The soil transposition also allowed the inclusion of the shrub-tree form of life in the deposition sites. The analyzed parameters show that the soil transposition technique stimulates the succession in the degraded area.

**Key words:** degraded area, topsoil, ecological succession.

## 1 INTRODUÇÃO

A redução da cobertura florestal nativa na Caatinga, como resultado de seus processos históricos de ocupação humana, contribuiu para o cenário atual de fragmentação de habitats, perda da diversidade biológica e ameaça de extinção de espécies. Com o passar do tempo, a intensificação dessas atividades, atrelado às condições ambientais peculiares de algumas regiões, tornaram várias áreas vulneráveis ao processo de desertificação (PEREZ-MARIN et al., 2012).

Na Paraíba, mais especificamente nas áreas situadas na microrregião do Seridó Ocidental, encontra-se um dos Núcleos de Desertificação mais vulneráveis do semiárido brasileiro, chamado de Núcleo de Desertificação do Seridó (COSTA et al., 2009).

Nessas áreas, onde as atividades predatórias já foram bastante intensificadas e cuja capacidade produtiva dos solos e de regeneração da vegetação são baixas, incentivos devem ser direcionados à projetos de recuperação das áreas degradadas, visando resgatar a integridade dos ecossistemas exauridos. Nesse contexto, a restauração ecológica, através das técnicas de nucleação, surge como uma alternativa viável para resgatar parte da biodiversidade, das interações ecológicas e dos serviços ambientais perdidos com a degradação (REY BENAYAS et al., 2009).

Entre as técnicas de nucleação, destaca-se a transposição do solo, que consiste na retirada da camada superficial do solo de uma área doadora conservada e deposição em área degradada de mesma tipologia vegetal (REIS et al., 2014). O solo depositado na área degradada serve de fonte de propágulos e pode introduzir abundância e riqueza de espécies nativas regionais, estabelecendo novo ritmo sucessional na área degradada (MARTINS, 2013).

A utilização da transposição do solo como estratégia de restauração ecológica é citada por diversos autores (REIS et al., 2010; CORBIN e ROLL, 2012; MARCUZZO et al. 2013; CALEGARI et al., 2013; BOANARES e AZEVEDO, 2014; MARTINS et al., 2015; PIAIA et al., 2017), que defendem a hipótese de que, a partir da transposição de núcleos de solo de fragmentos preservados, um novo ritmo sucessional será internalizado na área, podendo resgatando parte dos atributos e funções de um solo originalmente conservado e as interações entre organismos.

Segundo Calegari et al. (2013) a transposição do solo, além de auxiliar na restauração do solo, representa uma das técnicas mais importantes no processo de regeneração natural em

áreas degradadas, pois nela está contido o banco de sementes do solo, que contém um estoque de sementes viáveis desde a sua superfície até camadas mais profundas, proporcionando, com o passar do tempo, o recobrimento das áreas, aumento de espécies e inclusão de diferentes formas de vida nas novas áreas a serem restauradas.

Baseado nesta constatação, a análise do banco de sementes do solo pode ser considerada um dos melhores bioindicadores para avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração, bem como para determinar o potencial de autorregeneração de áreas a serem restauradas.

Desta forma objetivou-se verificar o potencial da transposição do banco de sementes do solo como estratégia facilitadora da restauração ecológica em uma área degradada no Núcleo de Desertificação do Seridó, Paraíba.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área experimental

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Cachoeira de São Porfírio (06° 48' 32,1" S; 36° 57', 17,4" W), com altitude de 271 m, no município de Várzea, microrregião do Seridó Ocidental, Estado da Paraíba (Figura 1).



**Figura 1.** Imagem da área experimental. Fonte: Google Earth®.



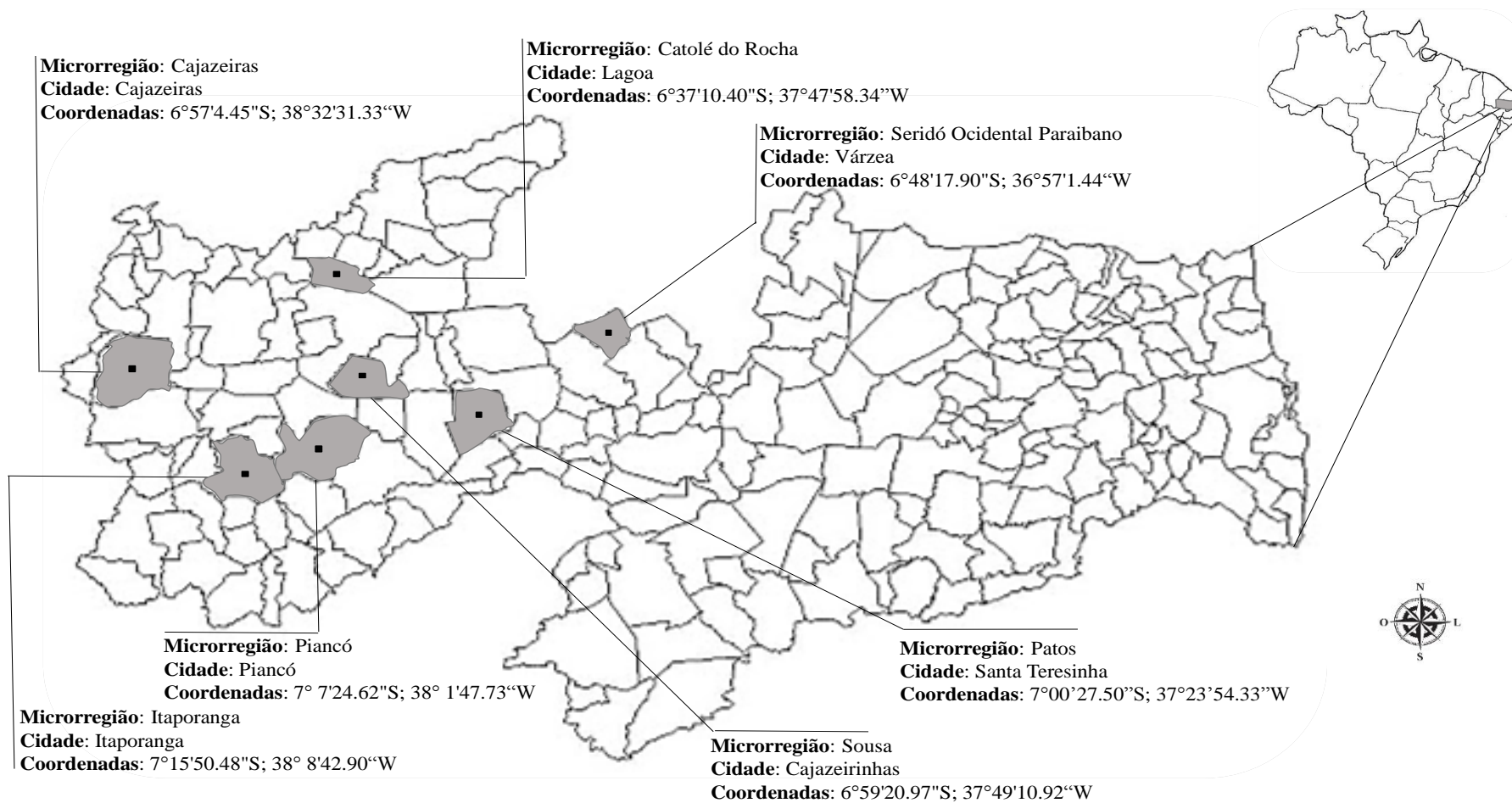
O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo BSh, com temperatura média anual de 25 °C e pluviosidade média anual inferior a 800 mm. O relevo é suave ondulado, com grande presença de afloramentos rochosos, e o solo predominante é o Neossolo Flúvico Ta distrófico. A formação vegetal é a Caatinga hiperxerófila, com aspecto arbóreo-arbustivo esparso e se fixa em solos pedregosos e erodíveis (FERREIRA et al., 2014; BARROSO, 2017).

O local de implantação do experimento apresenta sinais de intensa atividade antrópica relativo ao desmatamento, à pecuária extensiva e ao cultivo do algodão, sendo muito baixa a presença de espécies vegetais, a exceção das espécies herbáceas: capim panasco (*Aristida longifolia* H.B.K.) e malva branca (*Sida cordifolia* L.).

## 2.2 Transposição do solo das áreas doadoras

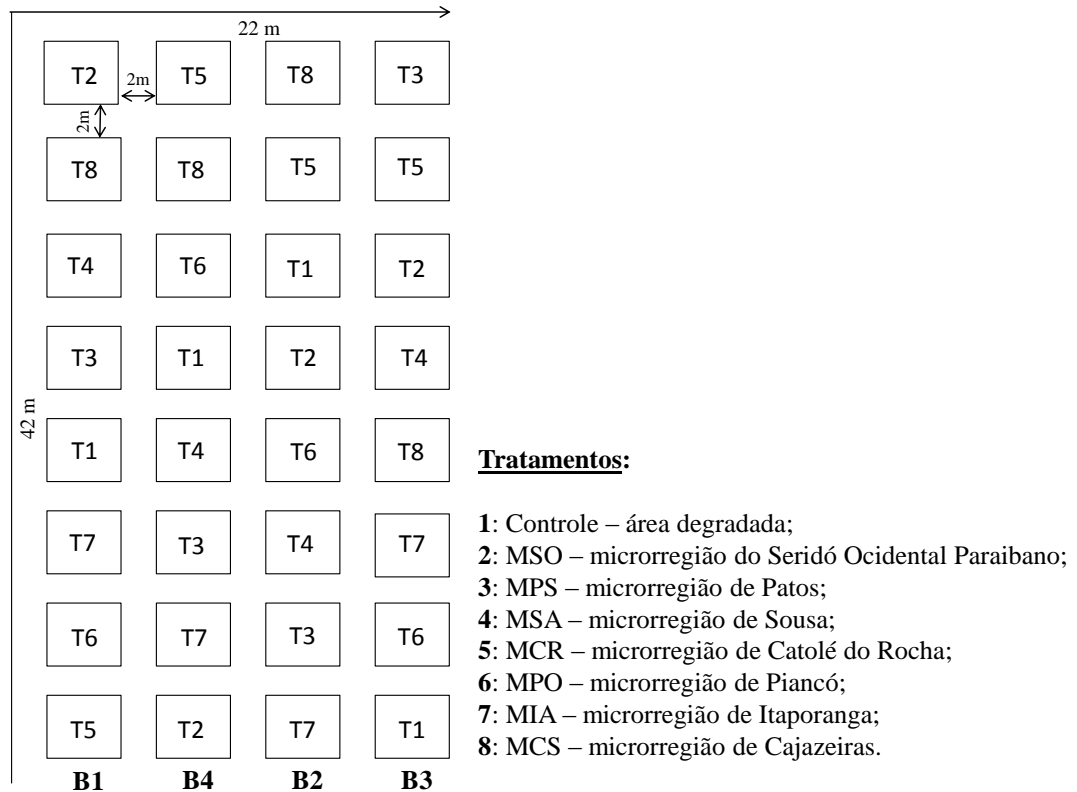
Foram selecionadas sete áreas para a transposição do solo, sendo todas de microrregiões que englobam o semiárido da Paraíba (Figura 2). As áreas das microrregiões selecionadas possuem características similares quanto às condições edáficas e climáticas, estando inseridas no polígono das secas, e, também, quanto à fitofisionomia e conservação da vegetação.





**Figura 2.** Municípios da Paraíba onde foram realizadas as coletas dos solos.

O arranjo experimental foi em blocos casualizados, constando de oito tratamentos, sendo um referente ao controle e os demais, aos solos transportados, com quatro repetições, alocados em parcelas de 9,0 m<sup>2</sup>, equidistantes em 2 m, com uma área total de 924 m<sup>2</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Croqui com a distribuição dos tratamentos na área experimental.

Em cada microrregião foi selecionada uma área que apresentasse características de estágio sucessional avançado. Posteriormente, em cada área, foram demarcadas quatro parcelas de 9,0 m<sup>2</sup> e coletado toda a camada superficial do solo e serapilheira em seu interior, até 5,0 cm de profundidade (Figura 4).

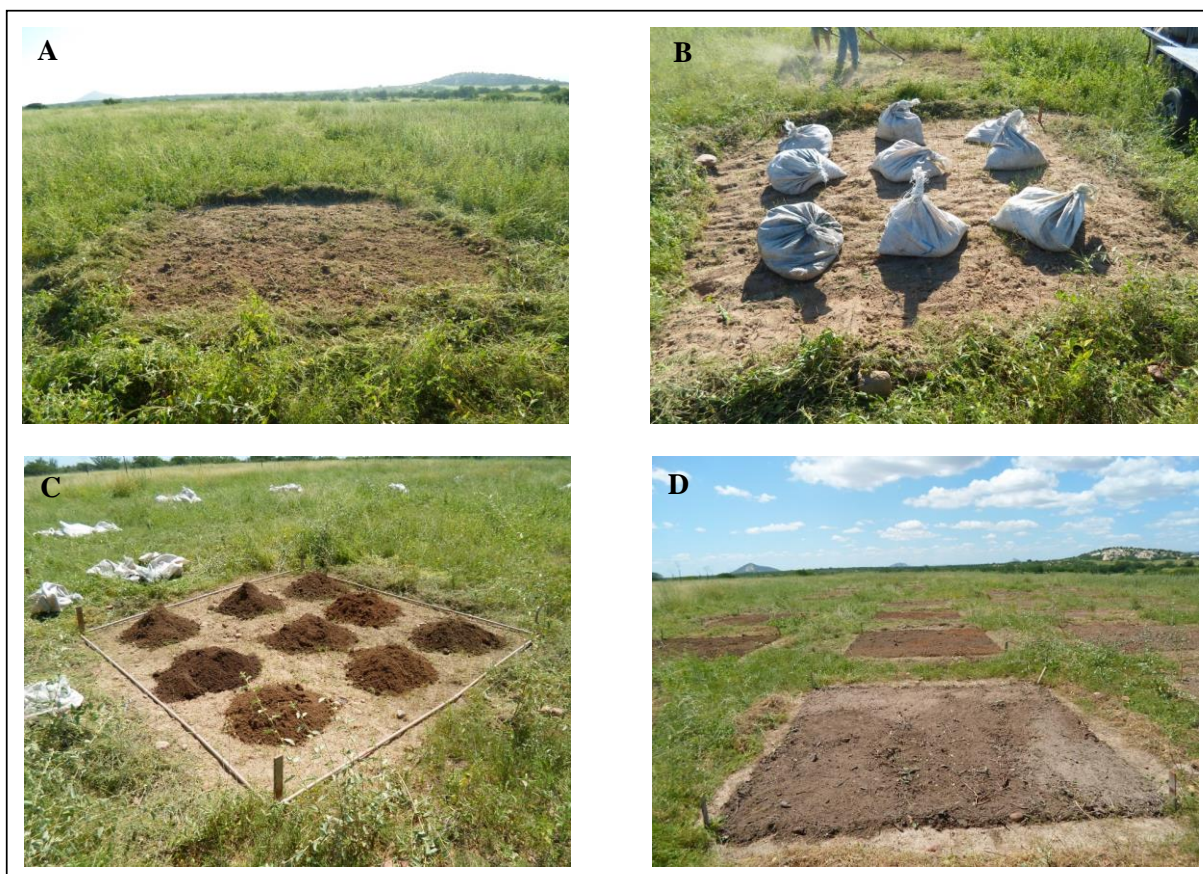


Fonte: SOUSA (2017).

**Figura 4.** Demonstração da coleta dos solos transpostos. A) coleta do solo + serapilheira; B e C) vista geral da área de coleta de solo + serapilheira e D) material ensacado para ser levado à área experimental.

O material coletado foi acondicionado em sacos de náilon e transportado para a área experimental em Várzea (PB), onde foram demarcadas as parcelas de 9,0 m<sup>2</sup>, feita a limpeza e retirado 3,0 cm de profundidade do solo, sendo, em seguida, colocados os solos transportados de cada microrregião, conforme a distribuição dos tratamentos (Figura 5). O tratamento controle não recebeu o solo transportado, teve somente a vegetação das parcelas removidas.





Fonte: SOUSA (2017).

**Figura 5.** A) retirada da vegetação e do solo superficial das parcelas experimentais; B e C) distribuição dos sacos e D) deposição dos solos transpostos nas parcelas.

### 2.3 Caracterização florística e do solo das áreas doadoras

Nos mesmos pontos de coleta dos solos transportados foram realizadas, na profundidade de 0-20 cm, coletas de solo para caracterização físico-química da área. A análise das amostras seguiu os procedimentos recomendados por Donagema et al. (2011) e foi realizada no Laboratório de Análises de Solo e Água do Instituto Federal da Paraíba, *campus* de Sousa, PB.

Na tabela 1 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas das áreas de coleta de solo + serapilheira.

**Tabela 1.** Caracterização físico-química dos solos transportados de cada microrregião, no estado da Paraíba.

Variáveis	Unidades	Tratamentos							
		Controle	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS
pH	H <sub>2</sub> O	5,8	6,6	6,7	6,3	6,6	7,0	6,6	6,6
P	mg dm <sup>3</sup>	5	16	4	7	10	71	111	6
K	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	0,27	0,22	0,36	0,34	0,56	0,50	0,78	0,44
Na		0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Ca <sup>2+</sup>		1,10	2,4	6,6	3,8	5,2	9,2	9,3	7,4
Mg <sup>2+</sup>		1,80	0,5	1,9	0,5	1,9	1,3	2,2	0,9
H+Al <sup>3+</sup>		4,80	1,25	2,87	3,2	3,47	0,0	5,48	3,76
SB		3,19	3,13	8,87	4,65	7,67	11,02	12,3	8,75
CTC		7,99	4,38	11,74	7,85	11,14	11,02	17,78	12,51
V	%	39	71	75	59	69	100	69	70
M.O		24,97	8,24	26,67	27,06	28,63	54,12	71,38	42,36
Areia	g kg	873	897	721	765	640	706	638	701
Silte		55	78	166	160	133	218	235	135
Argila		72	25	113	75	227	76	127	164
Ds	g cm <sup>3</sup>	1,48	1,59	1,50	1,54	1,38	1,31	1,33	1,35
Classe textural		Arenosa	Arenosa	Franco-arenosa	Areia-franca	Franco argilo-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa

\* P, K, Na: Extrator Mehlich1; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1M; SB=Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC=SB+H++Al+3; M.O.: Digestão Úmida Walkley-Black; PST= Percentagem de Sódio Trocável. Granulometria: Argila e Silte pelo densímetro de Boyouccos, Areia por peneiramento; Densidade aparente: método do anel volumétrico; Densidade real: método do balão com etanol; MSO: microrregião do Seridó Ocidental; MPS: microrregião de Patos; MSA: microrregião de Sousa; MCR: microrregião de Catolé do Rocha; MPO: microrregião de Piancó; MIA: microrregião de Itaporanga e; MCS: microrregião de Cajazeiras.

Nas áreas de coleta do material transportado foi realizado o levantamento florístico. Foram amostrados todos os indivíduos que estavam distribuídos em um raio de 50 m, contabilizando a partir do ponto central da parcela.

Na tabela 2 constam as espécies inventariadas nas áreas de coleta do material transportado. A lista florística foi organizada de acordo com o Sistema APG III (2009) disponível na base de dados Tropicos<sup>®</sup> (2012) do *Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri, USA*. O reconhecimento das espécies foi realizada por meio de consulta a literatura especializada.

**Tabela 2.** Caracterização da composição florística e número de indivíduos das áreas onde foram realizadas as coletas dos solos.

		Tratamentos						
Família/Espécies	Nome vulgar	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS
<b>ANACARDIACEAE</b>								
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Aroeira	0	3	3	10	4	1	26
<b>APOCYNACEAE</b>								
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Pereiro	16	13	0	1	16	0	1
<b>BIGNONIACEAE</b>								

<i>Tabebuia alba</i> (Chamisso) Sandwith	Pau D'arco	0	0	0	4	12	0	0
<b>BORAGINACEAE</b>								
<i>Auxemma oncostylis</i> (Allemão) Baill.	Pau Branco	0	0	0	2	0	4	0
<b>BURSERACEAE</b>								
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Imburana-de-cambão	11	10	0	0	0	0	0
<b>CACTACEAE</b>								
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	0	2	0	0	0	9	2
<b>CAPPARACEAE</b>								
<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L.	Feijão Brabo	0	0	0	0	0	3	0
<b>COMBRETACEAE</b>								
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mufumbo	19	8	17	19	10	10	8
<b>CRYSOBALANACEAE</b>								
<i>Licania rigida</i> Benth	Oiticica	0	0	1	0	0	0	0
<b>EUPHORBIACEAE</b>								
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	Faveleira	37	0	0	0	0	0	0
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro	18	22	45	88	48	110	33
<i>Manihot</i> sp.	Maniçoba	0	0	0	12	6	0	0
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão Bravo	29	6	0	0	0	0	0
<b>FABACEAE – CAESALPINIOIDEAE</b>								
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó	0	2	4	2	0	0	33
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart.) L.P. Queiroz	Pau Ferro	0	0	12	3	0	3	1
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz	Catingueira	35	82	42	0	45	13	20
<b>FABACEAE – FABOIDEAE</b>								
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Cumarú	0	0	9	0	123	0	6
<i>Erythrina velutina</i> Jacq.	Mulungu	2	0	0	0	0	0	0
<b>FABACEAE – MIMOSOIDEAE</b>								
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	0	41	3	10	4	8	7
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	Jurema Preta	1	11	36	59	3	49	0
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	Jurema Branca	2	0	2	7	2	4	0
<b>MALVACEAE</b>								
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A. St. - Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	Embiruçu	3	3	2	0	2	0	0
<b>RHAMNACEAE</b>								
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Juazeiro	0	0	0	0	0	4	0
<b>TOTAL</b>		173	203	176	217	275	218	137

MSO: microrregião do Seridó Ocidental; MPS: microrregião de Patos; MSA: microrregião de Sousa; MCR: microrregião de Catolé do Rocha; MPO: microrregião de Piancó; MIA: microrregião de Itaporanga e; MCS: microrregião de Cajazeiras.



A realização do levantamento florístico foi importante para se conhecer as espécies existentes nas áreas de coleta, e com isso reconhecer as espécies que podem emergir no banco de sementes do solo na área que se busca a restauração ecológica.

#### 2.4 Avaliações realizadas nas parcelas experimentais

Em cada tratamento foi instalado uma parcela de 1,0 m<sup>2</sup> para avaliação do banco de sementes do solo. Mensalmente, durante 15 meses, foi realizada a identificação e contagem do número de indivíduos que surgiam nas parcelas.

A curva de emergência foi calculada através do somatório do número acumulado de sementes germinadas nas parcelas (GROSS, 1990; BROWN, 1992). A densidade foi expressa em número de indivíduos germinados por metro quadrado (ind.germ.m<sup>2</sup>) (SOUSA et al., 2017).

Por meio da confecção de exsicatas foi determinado o número de famílias, gêneros e espécies identificadas no trabalho. Nesse caso, o auxílio à identificação das espécies foi feita por consulta à bibliografia específica, por comparação com o material do Herbário do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* Patos, e com auxílio de especialista. A lista florística foi organizada de acordo com o Sistema APG III (2009) disponível na base de dados Tropicos<sup>®</sup> (2012) do *Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri, USA*.

Na avaliação da diversidade florística e a equabilidade entre os tratamentos foram utilizado o índice de Shannon-Weaver (H') e o índice de Pielou (J'), respectivamente (SHANNON e WEAVER, 1949; ODUM, 1988).

O índice de diversidade de Shannon (H) foi definido por:

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i ,$$

sendo:

$p_i = n_i/N$ ;

$n_i$  = densidade de cada espécie;

$N = \sum$  da densidade de todas as espécies.

O índice de Shannon assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que quanto maior o valor de H, maior a diversidade. E o declínio de seus valores é o resultado de uma maior dominância de espécies em detrimento de outras (BEGON et al., 1996).

O Índice de equabilidade de Pielou (E) varia de 0 a 1, sendo que o valor máximo indica que todas as espécies tem o mesmo número de indivíduos, o que significaria ausência de dominância ecológica. É definido por:

$$E = H/\log S ,$$

sendo:

H= índice de Shannon;

S = Número de espécies.

Para avaliar a similaridade, foi utilizado o índice de Jaccard, efetuado pelo método aglomerativo das médias aritméticas (SNEATH e SOKAL, 1973; ODUM, 1988).

O método dos agrupamentos sequenciais aglomerativos utilizado nas análises de similaridade foi o método pela associação média ou *Arithmetic Average Clustering* (SNEATH e SOKAL, 1973). O UPGMA calcula a média aritmética da similaridade (ou da distância) entre o objeto que se quer incluir em um grupo e cada objeto desse grupo (VALENTIN, 2000).

Os índices de similaridade visam estabelecer comparações entre comunidades a partir do número e da abundância das espécies nelas ocorrentes, permitindo inferir quão semelhantes ou distantes são duas ou mais tipologias vegetais. Portanto, é uma função combinatória da riqueza de espécies com equabilidade (VALENTIN, 2000).

## 2.5 Avaliação da pluviosidade e temperatura do solo

Os dados mensais de pluviosidade foram obtidos através de pluviômetro situado próximo a área experimental. Com o auxílio de um termômetro digital foi verificado mensalmente – durante quinze meses – a temperatura do solo na superfície e a 15,0 cm de profundidade (Figura 6). As leituras foram realizadas no turno manhã, das 07:00 às 08:00.



Fonte: SOUSA (2017).

**Figura 6.** Avaliação da temperatura do solo nos tratamentos. A) temperatura da superfície do solo e B) temperatura a 15 cm de profundidade do solo (SOUSA, 2017).

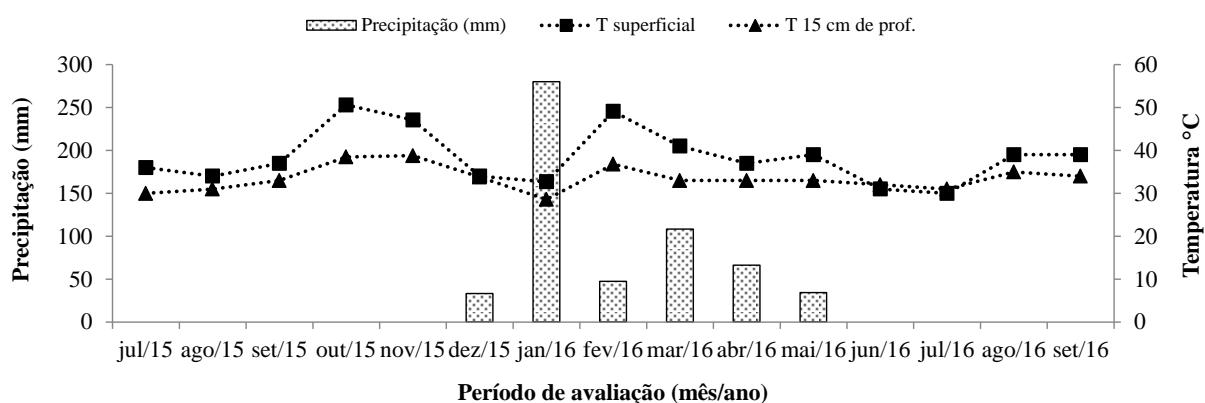
## 2.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o *Software* SAS 9.3 (2011). Os índices de diversidade e similaridade foram realizados através do *Software* MVSP 3.1<sup>©</sup> (MVSP/PLUS, 1998).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total na área experimental em Várzea - PB foi de 568 mm. As chuvas se concentraram de dezembro de 2015 a maio de 2016, com as maiores precipitações ocorridas nos meses de janeiro e março, 280 e 108 mm, respectivamente, ambas responsáveis por 68% do total registrado.

Na figura 7 são observados os valores referentes as precipitações pluviométricas acumuladas para cada mês e as médias mensais de temperatura na superfície do solo e a 15 cm de profundidade, referente ao período de estudo compreendido entre julho de 2015 a setembro de 2016.

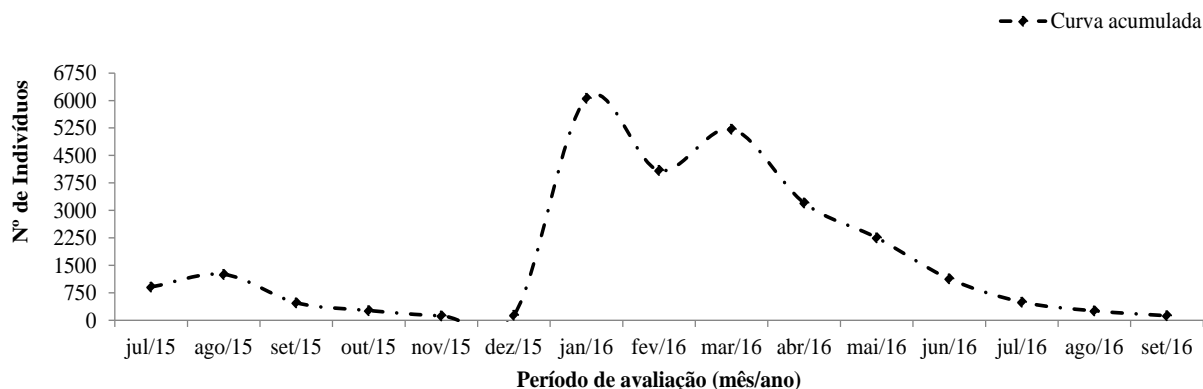


**Figura 7.** Médias mensais da temperatura superficial do solo e a 15 cm de profundidade e as precipitações pluviométricas na área experimental.

Com relação à temperatura, tanto na superfície como a 15,0 cm de profundidade, houve diminuição nos meses com os maiores índices pluviométricos. Em janeiro/2016, mês com maior precipitação, a temperatura na superfície foi de 32 °C e na profundidade de 15,0 cm, 28 °C. Já no mês com menor precipitação (outubro/2015), a temperatura foi de 50 °C, na superfície, e de 38 °C a 15,0 cm de profundidade.

### 3.1 Curva de emergência no tempo

O surgimento dos primeiros indivíduos ocorreu logo após as primeiras chuvas. No mês de junho de 2015, anterior à primeira avaliação, registrou-se um bom índice pluviométrico, o que influenciou na emergência de inúmeros indivíduos nos meses de julho e agosto. No decorrer dos meses seguintes, com o fim das chuvas, houve diminuição considerável na emergência de novos indivíduos, em todos os tratamentos (Figura 8).



**Figura 8.** Curva de emergência de indivíduos no tempo, na área experimental na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB.

Com o retorno das chuvas ainda no mês de dezembro de 2015 e, principalmente, nos primeiros meses de 2016 ocorreu aumento na emergência de novos indivíduos. Dessa forma, fica evidenciada a influência das chuvas na expansão do estrato herbáceo presente no banco de sementes dos solos transportados.

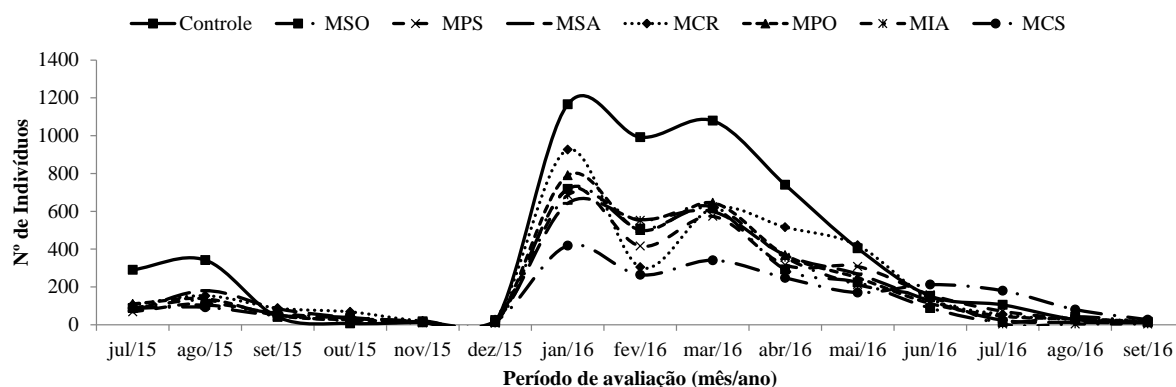
De acordo com Silva et al. (2013), a germinação das sementes na Caatinga ocorre no início da estação chuvosa evidenciando a influência da sazonalidade das chuvas para a germinação e recrutamento do maior número possível de indivíduos para os estágios posteriores.

Paz et al. (2016) observaram sementes com alta germinabilidade no início da estação chuvosa. Espécies herbáceas, por apresentarem um ciclo de vida mais curto, precisam germinar logo ao início das chuvas, para assegurar uma nova geração de sementes e manter populações viáveis (COSTA e ARAÚJO, 2003). Assim, estes indivíduos ganham vantagem em ambientes como o da Caatinga, onde a precipitação anual é baixa e bastante irregular (SANTOS et al., 2011).

Após o fim do período de estresse hídrico, nos meses de janeiro a março de 2016, foi evidenciado o maior pico de germinação, resultados estes semelhantes aos de Sousa et al. (2017). Para Martins et al. (2011), o aparecimento de novas plântulas após o período de estresse hídrico deve-se a ocorrência de herbáceas pioneiras no solo, bem como de outras formas de vida que apresentam sementes com dormência facultativa, mecanismo que garante a sua sobrevivência.

Com relação aos tratamentos, a emergência dos indivíduos ocorreu de forma semelhante entre eles, sendo que o tratamento Controle teve emergência de indivíduos mais

acentuada, quando comparado aos demais tratamentos, influenciando grandemente no acúmulo total de indivíduos emergidos (Figura 9).



**Figura 9.** Curva de emergência de plântulas no tempo, por tratamento.

Como pode-se observar, no período chuvoso ocorreu uma elevada emergência de indivíduos no banco de sementes do solo de todos os tratamentos em curto espaço de tempo. No entanto, para o tratamento Controle, observa-se que houve uma maior emergência de indivíduos, e isso se deve a presença da espécie *A. longifolia* no tratamento e na área experimental como um todo.

### 3.2 Composição florística do banco de sementes do solo

Foi registrado no banco de sementes do solo um total de 24.854 indivíduos, distribuídos em 17 famílias, 49 gêneros e 77 espécies. Destas, duas foram identificadas apenas em nível de família, 13 em nível de gênero e outras oito espécies permaneceram indeterminadas, sendo consideradas nesse estudo como morfoespécies (Tabela 3).

**Tabela 3.** Famílias e espécies reconhecidas no banco de sementes dos solos transpostos de cada microrregião do sertão da Paraíba.

Famílias/Espécies	Hábito	Tratamentos							
		Controle*	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS
Amaranthaceae									
Alternanthera tenella Colla	Herbáceo				x				
Froelichia humboldtiana (Roem. & Schult.)	Herbáceo	x	x	x		x			
Asteraceae									

<i>Asteraceae</i> 1	Herbáceo	x							
<i>Acmella uliginosa</i> (Sw.) Cass.	Herbáceo							x	
<i>Bidens alba</i> (L.) DC.	Herbáceo	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Herbáceo		x	x	x	x	x		
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	Herbáceo	x	x	x	x	x	x		
<b>Boraginaceae</b>									
<i>Heliotropium procumbens</i> Mill.	Herbáceo						x	x	
<b>Cactaceae</b>									
<i>Tacinga inamoena</i> (K. Schum.) N. P. Taylor e Stuppy	Herbáceo	x	x				x		
<b>Convolvulaceae</b>									
<i>Jacquemontia gracillima</i> (Choisy) Haliier	Herbáceo				x	x	x	x	
<i>Ipomoea triloba</i> L.	Herbáceo			x					
<i>Ipomoea sp.</i>	Herbáceo			x	x	x	x		
<i>Ipomoea per caprae</i> (L.) R.Br.	Herbáceo				x			x	
<i>Merremia aegyptia</i> L.	Herbáceo	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Cyperaceae</b>									
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Herbáceo	x							
<i>Cyperus sp.</i>	Herbáceo	x	x				x		
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.	Herbáceo				x				
<i>Pycneus polystachyos</i> (Rottb.) P. Beauv	Herbáceo	x	x		x				
<b>Euphorbiaceae</b>									
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Arbustivo							x	
<i>Croton glandulosus</i> L.	Herbáceo	x	x	x	x			x	
<i>Croton hirtus</i> L.	Herbáceo		x					x	
<i>Croton sp.</i>	Herbáceo			x			x		x
<i>Chamaesyce serpyllifolia</i> (Pers.)	Herbáceo		x					x	
<i>Cnidioscolus quercifolius</i> Pohl	Arbóreo		x						
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Herbáceo	x	x	x			x	x	x
<i>Euphorbia sp.</i>	Herbáceo	x		x					
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Arbustivo		x						
<b>Fabaceae</b>									
<i>Aeschynomene rudis</i> Benth.	Herbáceo		x						
<i>Aeschynomene denticulata</i> Rudd	Herbáceo					x			
<i>Aeschynomene histrix</i> Poir.	Herbáceo	x							
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	Herbáceo						x		
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	Herbáceo				x				
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	Herbáceo	x	x	x		x	x		
<i>Chamaecrista sp.</i>	Herbáceo	x	x	x		x	x	x	x

<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Herbáceo					X		X	X
<i>Desmodium sp.</i>	Herbáceo	x	x		x	x	x	x	x
<i>Desmodium tortuosum</i> (Sw.) DC.	Herbáceo		x	x	x	x	x		
<i>Indigofera truxillensis</i> Kunth	Herbáceo					x	x	x	
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Herbáceo		x		x		x		
<i>Mimosa hirsutissima</i> Mart.	Herbáceo	x	x		x	x	x		
<i>Mimosa sp.</i>	Herbáceo		x					x	
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	Arbóreo			x		x		x	
<i>Sena obtusifolia</i> (L.) H.S Irwin & Barneby	Herbáceo			x	x	x	x	x	x
<i>Thephrosia cinerea</i> Pers.	Herbáceo	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Lamiaceae</b>									
<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	Herbáceo			x		x		x	x
<b>Lythraceae</b>									
<i>Ammannia coccinea</i> Hottb.	Herbáceo						x		
<b>Loganiaceae</b>									
<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Herbáceo						x		
<b>Malvaceae</b>									
<i>Corchorus litorius</i> L.	Herbáceo	x	x	x	x		x	x	x
<i>Melochia sp.</i>	Herbáceo		x						
<i>Pavonia sp.</i>	Herbáceo	x		x	x				
<i>Sida rhombilofila</i> L.	Herbáceo	x	x		x		x	x	x
<i>Sida cordifolia</i> L.	Herbáceo	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Sida sp.</i>	Herbáceo	x							
<b>Onagraceae</b>									
<i>Ludwigia sp.</i>	Herbáceo		x		x				
<b>Poaceae</b>									
<i>Aristida longifolia</i> H.B.K.	Herbáceo	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Brachiaria subquadrifida</i> (Trin.) Hitchc.	Herbáceo		x						
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	Herbáceo			x		x			
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Herbáceo	x							
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	Herbáceo	x							
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	Herbáceo		x						
<i>Paspalum sp</i>	Herbáceo		x						
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Herbáceo			x	x	x	x		
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D Webster	Herbáceo			x		x			
<b>Plataginaceae</b>									
<i>Stemodia durantifolia</i> (L.) Sw.	Herbáceo			x		x		x	x
<b>Portulacaceae</b>									
<i>Portulaca halimoides</i> L.	Herbáceo	x	x	x		x	x	x	
<i>Talinum triangulare</i>	Herbáceo		x			x			



(Jacq.) Willd.

<b>Rubiaceae</b>									
Spermacoce sp.	Herbáceo		x	x	x	x	x	x	x
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K. Schum.	Herbáceo		x	x	x	x	x		x
<i>Rubiaceae 1</i>	Herbáceo			x					
<b>Indeterminadas</b>									
Morfoespécie 1	Herbáceo	x	x	x		x			
Morfoespécie 2	Herbáceo		x	x	x	x	x	x	x
Morfoespécie 3	Herbáceo		x	x		x	x	x	x
Morfoespécie 4	Herbáceo		x						
Morfoespécie 5	Herbáceo		x						
Morfoespécie 6	Herbáceo		x	x					
Morfoespécie 7	Herbáceo						x	x	
Morfoespécie 8	Herbáceo						x	x	x

\*Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

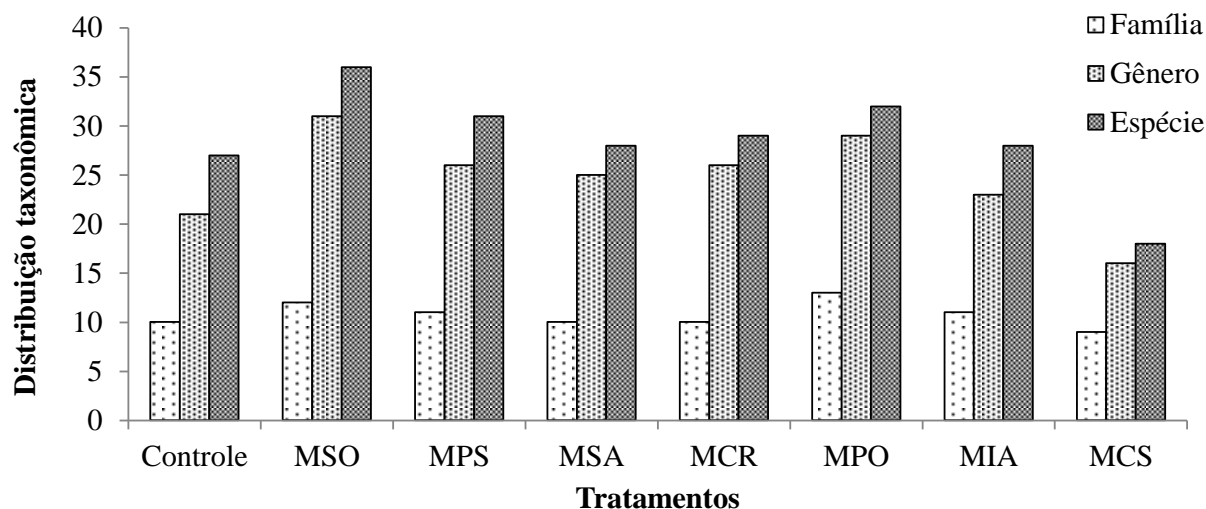
De forma geral, as famílias com maior número de espécies foram, em ordem decrescente: *Fabaceae* (17), *Poaceae* (10), *Euphorbiaceae* (9), *Malvaceae* (6), *Asteraceae* e *Convolvulaceae* (5 cada); *Cyperaceae* (4), *Rubiaceae* (3), *Amaranthaceae* e *Portulacaceae* (2 cada), e, *Boraginaceae*, *Cactaceae*, *Lamiaceae*, *Lythraceae*, *Loganiaceae*, *Onagraceae* e *Plataginaceae* (1 espécie cada). As sete primeiras famílias são responsáveis por 72 % das espécies identificadas no presente estudo.

As famílias com maior representatividade de espécies nesse estudo também são as mais expressivas em estudos análogos para a mesma formação vegetal (ANDRADE et al., 2009; PARENTE et al., 2011; SILVA et al., 2013; FERREIRA et al., 2014; SOUSA et al., 2017). Ferreira et al. (2014), analisando o banco de sementes no solo em remanescentes adjacentes à área experimental, observaram que as famílias com maior número de espécies foram *Fabaceae* e *Poaceae* (14 cada), *Euphorbiaceae* (9), *Malvaceae* (8), *Convolvulaceae* e *Asteraceae*, seis cada, *Cyperaceae* (5) e *Rubiaceae* (4).

Avaliando o banco de sementes do solo de remanescentes de Caatinga, em Ibaretama – CE, Sousa et al. (2017) verificaram que as famílias com maior número de espécies também foram as mesmas encontradas por Ferreira et al. (2014) e no referido estudo, demonstrando que existe uma similaridade quanto à ocorrência de espécies em estudos desenvolvidos na Caatinga, mesmo que seja por meio de metodologia e objetivos diferentes de avaliação.

Com relação ao número de espécies por tratamento, observa-se que os tratamentos MSO, MPO e MPS foram os que apresentaram o maior número de espécies, 36, 32 e 31,

respectivamente, durante todo o período de avaliação. O menor número de espécies ocorreu no tratamento MCS (18), seguido do tratamento Controle com 27 (Figura 10).



**Figura 10.** Número de famílias, gêneros e espécies do banco de sementes do solo identificadas por tratamentos. \*Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

Os tratamentos que apresentaram o maior número de espécies também apresentaram os maiores índices de diversidade e equabilidade, com maiores valores encontrados nos tratamentos MPS (3,34 e 0,68, respectivamente) e MCR (3,25 e 0,67, respectivamente); enquanto os índices menores foram observados nos tratamentos Controle (1,97 e 0,42, respectivamente) e MCS (1,71 e 0,41, respectivamente) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e índice de Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) do banco de sementes dos solos transpostos.

Variáveis	Tratamentos							
	Controle	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS
Riqueza	27	36	31	28	29	32	28	18
Índice de $H'$	1,97	2,96	3,34	3,05	3,25	3,08	2,76	1,71
Índice de $J'$	0,42	0,58	0,68	0,64	0,67	0,62	0,57	0,41

\*Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

O baixo índice de diversidade verificado nos tratamentos MCS e Controle deve-se, principalmente, à baixa equabilidade, a qual foi motivada pela elevada abundância de indivíduos em um pequeno número de espécies, particularmente *A. longifolia* e *S. cordifolia*. Durante todo o período de avaliação foi observado que as referidas espécies, principalmente *A. longifolia*, proporcionaram expressiva cobertura do solo em ambos os tratamentos e, com isso, acabou inibindo o surgimento de outras espécies. Por outro lado, os demais tratamentos, por serem de áreas em processo de sucessão natural mais avançado possuem banco de sementes do solo mais diversificado, tornando-se mais propício a uma maior riqueza de espécies, bem como maior uniformidade na distribuição de indivíduos por espécie.

Ribeiro et al. (2017), com objetivo de comparar a densidade, composição e diversidade do banco de sementes sob três diferentes tipos de caatingas manejadas no semiárido paraibano, observaram maior número de espécies e de indivíduos emergidos na área degradada, porém, a diversidade e equabilidade foram maiores nas áreas com plantio de craibeira e jurema + sabiá, corroborando com os resultados desta presente pesquisa.

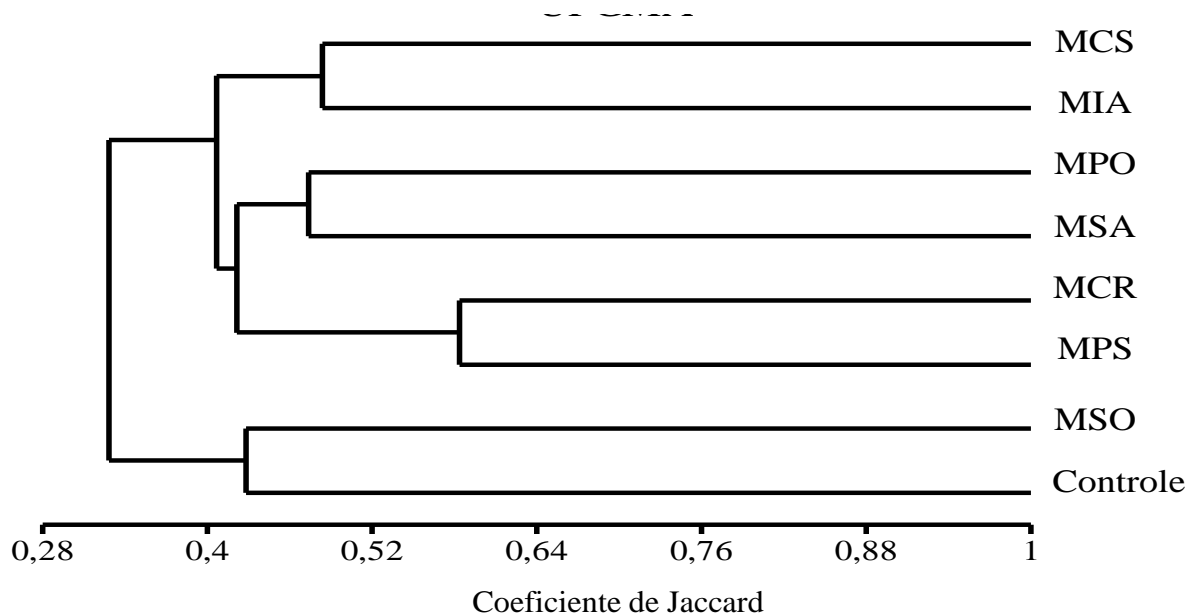
Áreas conservadas ou em estágio de regeneração natural avançado possuem maior diversidade florística e melhor distribuição de indivíduos quando comparado a áreas degradadas e, ou, perturbadas, que notadamente apresentam cobertura herbácea com baixa diversidade e com elevada abundância de poucas espécies (PARENTE et al., 2011; GOLÇALVES et al., 2011; FERREIRA et al., 2014; SOUSA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2017).

Outro fator que pode ter influenciado para a ocorrência de maior número de espécies e de índices de diversidade e equabilidade maiores para os solos dos tratamentos MSO, MPS, MSA, MCR, MPO e MIA, em comparação com os solos dos tratamentos Controle e MCS, deve-se ou fato que, quando transportados para a área experimental, possuíam maior quantidade de serapilheira, o que, possivelmente, possibilitou maior estoque de sementes para esses solos.

Rodrigues et al. (2010) explicam que a serapilheira funciona como uma manta que facilita a entrada de sementes e sua incorporação ao banco de sementes do solo. Assim, a transposição do banco de sementes configura-se como alternativa viável para estimular a sucessão florestal em áreas degradadas, sendo que melhores resultados em termos de densidade e riqueza de espécies são obtidos quando solo superficial e camada de serapilheira são utilizados em conjunto.

Costa e Araújo (2003), analisando a densidade do banco de sementes no solo presente na serapilheira e nas profundidades do solo de 0-5 cm e de 5-10 cm, em uma área de caatinga, verificaram que a maior densidade de sementes ocorreu na serapilheira, com 352 sem.m<sup>-2</sup>; nas amostras de 0-5 cm de profundidade foi 304 sem.m<sup>-2</sup> e nas amostras de 5-10 cm foi 108 sem.m<sup>-2</sup>. Quanto a riqueza de espécies, Silva et al. (2013) verificaram ao analisar o banco de sementes no solo em um fragmento de Caatinga, que a maior riqueza florística das espécies foi registrada na camada superficial do solo enquanto na serapilheira a riqueza foi inferior.

Através da análise de similaridade, observou-se que houve semelhança na composição florística dos tratamentos estudados (Figura 11), haja vista que as amostras apresentaram valor do índice de Jaccard superiores a 25% (WHITTAKER, 1984).



**Figura 11.** Dendrograma obtido através do método de agrupamento por média ponderada de grupos (UPGMA), a partir do índice de Jaccard, para os tratamentos que avaliam a composição florística do banco de sementes do solo. \*Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

A semelhança observada entre os tratamentos pode ter ocorrido devido à proximidade entre os tratamentos na área do experimento, que foram dispostos próximos uns dos outros, sendo impossível evitar a dispersão de sementes entre os tratamentos pela ação do vento.

Além disso, por se tratar do banco de sementes de solos da mesma tipologia florestal pode ter influência no grande número de espécies comuns entre os tratamentos.

Mesmo com a existência de uma relação florística entre os tratamentos, nota-se que a semelhança entre os tratamentos MCS, MIA, MPO, MSA, MCR e MPS foi de 41%, enquanto que a semelhança entre estes e os tratamentos MSO e Controle foi de 32%. Mesmo o tratamento MSO possuindo o maior número de espécies, apresentou uma baixa similaridade com os demais tratamentos, porém, apresentou maior similaridade com o tratamento Controle, que foi um dos que apresentou a menor diversidade de espécies.

Vale salientar que ambos os tratamentos estão inseridos na mesma microrregião e são de áreas contíguas, o que pode ter influenciado na similaridade das espécies. Conforme Martins et al. (2015), a similaridade entre bancos de sementes restritos a uma área ou região é relativamente elevada e, geralmente, maior do que entre diferentes tipos de vegetação.

No que se refere às formas de vida presentes nesse estudo, a predominância foi de herbáceas (95%). Alguns autores como Simões (2014), Ferreira et al. (2014), Souza et al. (2017) e Ribeiro et al. (2017), também encontraram estoque bastante reduzido de espécies arbustivo-arbóreas e predomínio de espécies herbáceas em banco de sementes de solos de caatinga, 84%, 75%, 95% e 76%, respectivamente.

O predomínio de espécies herbáceas também é evidenciado em estudos desenvolvidos em outras regiões do país. Calegari et al. (2013) e Paia et al. (2017) avaliando o potencial da transposição do banco de sementes para restauração ecológica em Minas Gerais e Rio Grande do Sul, observaram que a forma de vida herbácea foi predominante em todos os tratamentos, 61% e 81%, respectivamente.

As únicas espécies arbustivas e/ou arbóreas registrada no banco de sementes do solo foram da família *Euphorbiaceae* (*Croton blanchetianus* Baill., *Cnidoscolus quercifolius* Pohl e *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill.) e *Fabaceae* (*Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir.), além de uma espécie da família *Cactaceae* (*Tacinga inamoena* (K. Schum.) N. P. Taylor e Stuppy).

A precipitação irregular evidenciada no período de avaliação do banco de sementes no solo influenciou na germinação das espécies do componente arbustivo-arbóreo, no entanto, não influenciou a germinação das sementes das espécies do estrato herbáceo. Segundo Ferreira et al. (2014), a perpetuação das espécies herbáceas é garantida pelas sementes que se acumulam no solo conseguindo germinar e completar seu ciclo, mesmo com a redução no conteúdo de água no solo. Diferentemente de espécies arbóreas e arbustivas que, embora com

a germinação das sementes, muitas vezes a umidade no solo não é suficiente para o estabelecimento das plântulas, levando-as à morte.

De acordo com Bakke et al. (2006), a germinação das sementes de inúmeras espécies arbustivas e arbóreas tem forte relação com a época do ano, em um comportamento cíclico, no qual muitas plântulas são observadas logo no início da estação chuvosa, presumivelmente em decorrência da maior presença de sementes e maior teor de água no solo, que favorece a germinação, decrescendo este número à medida que progride a estação seca.

Apenas nos tratamentos MSA e MCS não emergiram espécies do componente arbustivo-arbóreo. MSO foi o tratamento com o maior número de espécies desse estrato, sendo um indivíduo de *C. quercifolius*, um de *J. molíssima* e 26 *T. inamoena*, seguido pelo tratamento MIA com duas espécies: um indivíduo de *C. blanchetianus* e um *M. tenuiflora*. A espécie *M. tenuiflora* também foi encontrada nos tratamentos MPS e MCR, 3 e 1, respectivamente. No entanto, o número de espécies e de indivíduos por espécie que emergiram durante a avaliação do banco de sementes do solo pode ser considerado baixo, totalizando 38 indivíduos distribuídos em cinco espécies (Tabela 5).

**Tabela 5.** Espécies arbustivo-arbóreas e cactaceae que emergiram no banco de sementes do solo durante o período experimental.

Espécies	Tratamentos	Nº de indivíduos
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	MSO	1
<i>Croton blanchetianus</i>	MIA	1
<i>Jatropha mollissima</i>	MSO	1
<i>Mimosa tenuiflora</i>	MPS, MCR e MIA	3, 1 e 1
<i>Tacinga inamoena</i>	Controle, MSO e MPO	3, 26 e 1

\*Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó e MIA – microrregião de Itaporanga.

O surgimento, mesmo que pouco, de espécies arbustivo-arbóreas nos solos dos tratamentos transpostos era esperado em função da proximidade da fonte de propágulos, já que foram coletados de remanescentes florestais em estágios sucessionais mais avançados.

Portanto, todas as espécies lenhosas que surgiram no banco de sementes do solo também fazem parte da estrutura dos remanescentes nos quais os solos foram transportados. Dessa forma, nota-se que a transposição do banco de sementes permitiu a inclusão da forma de vida arbustiva e/ou arbórea nos locais de deposição.

### 3.3 Densidade de plantas/m<sup>2</sup> do banco de sementes do solo

Nos meses de janeiro a março/2016 foi observado a maior cobertura herbácea para todos os solos avaliados, sendo que o mês de janeiro foi o que apresentou a maior densidade para quase todos os tratamentos, exceto para os tratamentos Controle e MSA, que registraram resultados estatisticamente iguais para os meses de janeiro, fevereiro e março (Tabela 6).

Contudo, a maior média mensal da densidade de plantas foi observada para o mês de janeiro/2016 com 189,8 indivíduos/m<sup>2</sup>. Já a menor média de densidade foi registrada nos meses de novembro de 2015 e setembro de 2016, ambos com 3,9 indivíduos/m<sup>2</sup>.

Não houve diferença estatística na densidade de plantas para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2015 e para os meses de agosto e setembro de 2016 (Tabela 6). Por outro lado, nos meses de julho e agosto de 2015 e janeiro, fevereiro, março e abril de 2016, os maiores valores de densidade foram observados no tratamento Controle.

No mês de maio os tratamentos Controle e MCR foram os que apresentaram maior densidade, 101 e 105 indivíduos/m<sup>2</sup>, respectivamente. Já nos meses de junho e julho de 2016, o tratamento MCS foi quem registrou a maior densidade, 53 e 45 indivíduos/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Observando-se a média geral, relacionado aos 15 meses de avaliação, os dados para a densidade de plantas no solo foi maior no tratamento Controle com 89,8 indivíduos/m<sup>2</sup>. A menor densidade foi observada no tratamento MCS com 37,4 indivíduos/m<sup>2</sup> (Tabela 6).

Nota-se, neste trabalho, que o papel da transposição do banco de sementes em estimular a nucleação em solo degradado ficou evidenciado pelo resultado encontrado nas parcelas do tratamento Controle que, mesmo apresentando a maior densidade de germinação de plântulas, em geral teve a densidade expressa basicamente por duas espécies, refletindo na diversidade e uniformidade dos indivíduos herbáceos. Além disso, das poucas espécies arbustivo-arbóreas que surgiram nenhuma foi encontrada no tratamento Controle, que corresponde a área degradada.

**Tabela 6.** Comparação das médias mensais da densidade de plantas do banco de sementes do solo entre os meses e tratamentos.

Mês/ano	Densidade por metro quadrado (m²)								Média
	Tratamentos								
	Controle	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS	
Jul/15	72,5 dA	22,0 eB	17,3 deB	18,3 deB	26,3 efB	27,8 fB	22,3 defB	21,8 defgB	28,5
Ago/15	85,5 dA	26,3 deB	28,5 deB	45,3 cdB	38,5 eB	34,8 efB	32,3 defB	23,0 defgB	39,3
Set/15	10,3 efA	15,5 eA	15,0 deA	21,3 deA	22,0 efA	12,0 fA	12,5 efA	12,3 fgA	15,1
Out/15	2,0 fA	8,8 eA	8,8 deA	9,8 eA	17,0 efA	6,8 fA	5,0 efA	9,8 gA	8,5
Nov/15	3,5 fA	4,5 eA	3,3 eA	5,0 eA	5,0 fA	4,0 fA	2,5 fA	3,5 gA	3,9
Dez/15	3,5 fA	6,3 eA	2,8 eA	5,0 eA	6,8 efA	4,0 fA	1,5 fA	4,5 gA	4,3
Jan/16	291,8 aA	179,8 aCD	179,8 aCD	160,8 aD	231,8 aB	197,8 aC	171,8 aCD	104,8 aE	189,8
Fev/16	248,0 aA	127,0 bBC	104,0 cCD	139,0 aB	76,0 dDE	125,0 cBC	138,0 bB	66,0 bcE	127,9
Mar/16	270,0 aA	154,0 abB	143,5 bB	150,0 aB	154,3 bB	161,3 bB	156,3 abB	85,3 abC	159,3
Abr/16	185,0 bA	73,0 cCD	79,0 cCD	92,0 bC	129,0 bcB	92,0 dC	89,0 cCD	62,0 bcD	100,1
Mai/16	101,0 cA	56,0 cdBC	77,0 cAB	67,0 bcBC	105,0 cdA	62,0 deBC	53,0 dBC	42,5 cdefC	70,4
Jun/16	38,0 eAB	21,8 eB	39,5 dAB	31,5 deAB	34,3 efAB	28,0 fAB	36,5 deAB	53,0 bcdA	35,3
Jul/16	26,3 efAB	3,3 eB	18,0 deAB	6,0 eB	13,5 efB	11,3 fB	1,0 fB	45,0 cdeA	15,5
Ago/16	7,0 efA	10,5 eA	7,8 deA	3,3 eA	7,0 efA	7,8 fA	1,0 fA	20,3 efgA	8,0
Set/16	3,3 fA	4,0 eA	3,8 eA	2,5 eA	6,0 efA	4,0 fA	1,0 fA	6,8 gA	3,9
Média	89,8	47,5	48,5	50,4	58,2	51,9	48,2	37,4	54,0

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó e MIA – microrregião de Itaporanga.



Portanto, a transposição de núcleos de solo traz para a área em estudo um novo banco de sementes que, devido ao seu revolvimento e transporte, favorece rápido recrutamento de espécies novas para o novo sítio, sendo, portanto, uma das técnicas de nucleação mais eficiente para a restauração de áreas degradadas (REIS et al., 2010; MIRANDA NETO et al., 2010; LEAL FILHO et al., 2013; MARCUZZO et al. 2013; CALEGARI et al., 2013; MARTINS et al., 2015; PAIA et al., 2017).

Piaia et al. (2017), ao avaliarem o potencial da transposição do banco de sementes no solo como estratégia facilitadora da restauração ecológica, observaram que a área degradada apresentou as maiores médias de densidade em todos os meses de avaliação, no entanto, todos os indivíduos foram de forma de vida herbácea e com baixa diversidade de espécies.

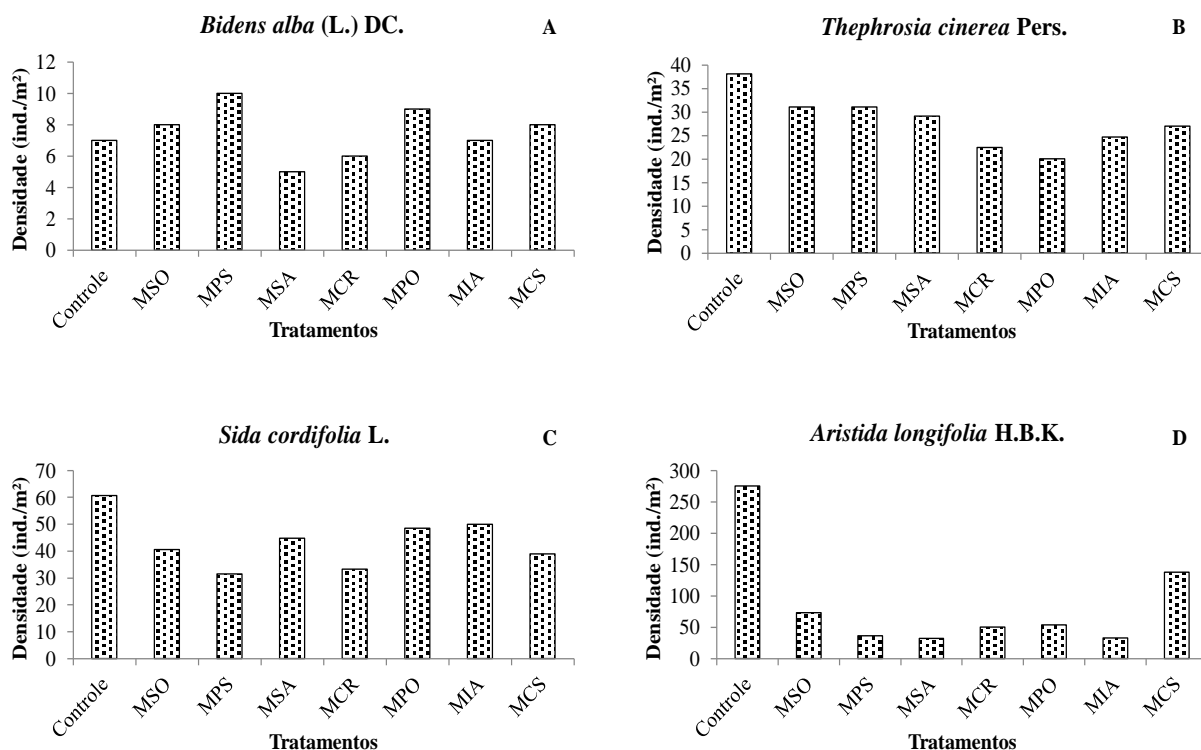
Miranda Neto et al. (2010) com o objetivo de avaliar a transposição do solo em uma área degradada tomada pela gramínea *Melinis minutiflora*, observaram que nas parcelas testemunhas houve rápido recobrimento pela gramínea e não emergiu nenhum indivíduo arbustivo-arbóreo, enquanto que nos demais tratamentos onde houve a colocação dos solos transpostos ocorreu inibição no desenvolvimento de *M. minutiflora* e surgiram vários indivíduos de espécies arbustivo-arbóreas.

Calegari et al. (2013) analisando a composição e densidade das espécies do banco de sementes do solo transportados de cinco situações ambientais (pasto limpo, pasto sujo, capoeira, plantio de Eucalipto e mata nativa) para uma casa de vegetação, observaram elevada germinação de herbáceas em todas as situações ambientais. No entanto, quanto à riqueza de espécies, a mata nativa correspondeu à situação em que foi encontrada maior riqueza (41 morfoespécies), seguida das situações pasto sujo e capoeira (35 morfoespécies cada). No Eucalipto e pasto limpo foram às situações em que foram observadas as menores riquezas, com 27 e 26 morfoespécies, respectivamente. Quanto à presença de espécies arbóreas, o maior número de espécies foi encontrado no solo proveniente da mata nativa.

As espécies com maior número de indivíduos por metro quadrado registrado no banco de sementes do solo, no presente estudo, foram: *Froelichia humboldtiana* (83), *Bidens alba* (60), *Thephrosia cinerea* (224), *Sida cordifolia* (348), *Aristida longifolia* (691), *Panicum maximum* (61) e *Portulaca halimoides* (43), juntas foram responsáveis por mais de 80% da cobertura herbácea do solo, em todo o experimento.

*Bidens alba*, *Thephrosia cinerea*, *Sida cordifolia* e *Aristida longifolia* foram as únicas espécies que germinaram em todos os tratamentos (Figura 12), sendo *A. longifolia* a que

surgiu com maior abundância, principalmente para os tratamentos Controle e MCS (Figura 12D).



**Figura 12.** Densidade de indivíduos das principais espécies encontradas nos tratamentos dispostos na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB. Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó e MIA – microrregião de Itaporanga.

No tratamento Controle, *A. longifolia* teve uma densidade de plantas de 275 indivíduos/m², seguido pelo tratamento MCS, com 138 indivíduos/m². Ambos os tratamentos foram responsáveis por 60% da densidade da espécie. Os demais tratamentos apresentaram densidade baixa para *A. longifolia* (Figura 12D).

As espécies *T. cinerea* e *S. cordifolia* também apresentaram sua maior densidade no tratamento Controle, 38 e 61 indivíduos/m², respectivamente (Figura 12B e C). Para a espécie *B. alba* o tratamento com maior densidade foi o MPS, com 10 indivíduos/m² (Figura 12A). No entanto, nota-se que, quando comparado a *A. longifolia*, as demais espécies possuem

densidade melhor distribuída entre os tratamentos, dessa forma, possibilitando o surgimento de diferentes espécies no banco de sementes do solo.

Como pode-se observar, *A. longifolia* apresentou alta densidade de plantas germinadas no banco de sementes do solo, sendo responsável por cerca de 40% da densidade total de indivíduos que surgiram no experimento. A alta densidade de plantas observada pela espécie se deve a presença da mesma na área em torno do experimento, que, segundo Zea et al. (2016) pode chegar a mais de 300 plantas/m<sup>2</sup>, sendo sua disseminação facilmente realizada, devido ao formato da estrutura reprodutiva da mesma, que possibilita a dispersão pelo vento a longas distâncias.

Para Viana e Filgueiras (2008) as gramíneas são componentes notáveis na composição florística de ecossistemas savânicos, florestais e campestres no Brasil; além disso, representam o componente básico de diversos ecossistemas terrestres, desempenhando papéis ecológicos diversos.

Nos tratamentos referente aos solos transportados houve redução na densidade da espécie *A. longifolia* (Figura 12D). Zea et al. (2016) analisando a densidade da *A. longifolia* em uma área degradada em processo de restauração a cinco anos com a técnica de transposição “Bocaj” – muito semelhante a técnica de transposição do solo –, observaram que a densidade da espécie diminui consideravelmente no local de aplicação da técnica.

Este resultado evidencia a eficácia da técnica nucleadora transposição do solo no surgimento de outros grupos de espécies, já que em áreas degradadas normalmente ocorre alta dominância de espécies da família Poaceae, devido ao seu rápido crescimento, reduzindo a incidência de luz na superfície do solo e assim afetando a germinação e crescimento de outras espécies (MARTINS et al., 2011).

Por outro lado, mesmo sendo de predominância herbácea, o banco de sementes do solo representa um dos componentes mais importantes no processo de regeneração florestal em áreas degradadas, possuindo papel fundamental na sucessão ecológica e na conservação do solo.

Segundo Araújo et al. (2004), em áreas degradadas, as sementes de espécies herbáceas espontâneas, principalmente gramíneas, têm a função de iniciar a ocupação dos espaços abertos, reiniciando o processo de sucessão, atuando desde os primeiros estágios de colonização.

Para Ferreira et al. (2014), espécies herbáceas têm grande importância ecológica para os ecossistemas florestais, favorecendo a conservação do solo, protegendo-o da ação direta

das gotas de chuva, radiação solar e ventos. Suas raízes dificultam o carreamento das partículas, servem como fonte de matéria orgânica, mantêm a umidade e reduzem os processos erosivos, além de proporcionar um microclima favorável ao estabelecimento de outras espécies na regeneração natural (MARTINS et al., 2015).

#### 4 CONCLUSÕES

O banco de sementes do solo nos tratamentos é formado predominantemente por espécies herbáceas anuais e efêmeras, permitindo também a inclusão de espécies arbustivo-arbóreas nos locais de deposição.

O tratamento Controle apresentou densidade de indivíduos maior do que os demais tratamentos, sendo influenciado, principalmente, pela espécie *Aristida longilofia*.

Os solos transpostos apresentaram maior riqueza de espécies e melhor distribuição de indivíduos por espécies do que a área degradada.

A transposição do solo para áreas degradadas deve ser realizada no início do período chuvoso de modo a auxiliar na restauração ecológica.

Os parâmetros analisados evidenciam que a técnica de transposição de núcleos de solo + serapilheira trouxe para a área em estudo um novo banco de sementes diversificado, que favoreceu o surgimento de espécies novas, estimulando a sucessão na área degradada.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. V. M.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; BRUNO, R. L. A.; GUEDES, D. S. Levantamento florístico e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo e subarbustivo em áreas de caatinga no Cariri Paraibano. **Revista caatinga**, v. 22, n. 1, p. 229-237, 2009.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105–121, 2009.

ARAÚJO, M. M., LONGHI, S. J., BARROS, P. L. C.; BRENA, D. A. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em floresta estacional decidual ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, v.49, n.66, p.128-141, 2004.

BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; SALCEDO, I. H. Regeneração Natural da Jurema Preta em Áreas sob Pastejo de Bovinos. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 228-235, 2006.

BARROSO, R. F. **Características morfológicas e carbono orgânico do solo em áreas de caatinga no semiárido da Paraíba**. 2017. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande; Patos.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3ª edição. Oxford: Blackwell Science, 1996. 1068p.

BOANARES, D.; AZEVEDO, C. S. The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v.12, n.2, p.93-98, 2014.

BROWN, D. 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal of Botany**, 70: 1603-1612.

CALEGARI, L.; MARTINS, S.V.; CAMPOS, L.C.; SILVA, E.; GLERIANE, J.M. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, v.37, n.5, p.871-880, 2013.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Journal Forest Ecology and Management**, v.265, n.(n), p.37-46, 2012.

COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botânica Brasílica**, v.17, n.2, p.259-264, 2003.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, (Suplemento), p.961-974, 2009.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. G. M. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.9, n.4, p.562-569, 2014.

GONÇALVES, G. S.; ANDRADE, L. A.; XAVIER, K. R. F.; OLIVEIRA, L. S. B.; MOURA, M. A. Estudo do banco de sementes do solo em uma área de caatinga invadida por *Parkinsonia aculeata* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 4, p. 428-436, 2011.

GROSS, K. L. A. A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. **Journal of Ecology**, v.78, p.1079-1093, 1990.

LEAL FILHO, N.; SANTOS, G. R.; FERREIRA, R. L. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, v.37, n.4, p.587-597, 2013.

MARCUZZO, S. B.; GANADE, G.; ARAUJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B. Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no Sul do Brasil. **Revista floresta**, v. 43, n. 1, p. 39 - 48, 2013.

MARTINS, C. M.; HAY, J. D. V.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, v.34, n.1, p.73-90, 2011.

MARTINS, S. V.; BORGES, E. E. L.; SILVA, K. A. O banco de sementes do solo e sua utilização como bioindicador de restauração ecológica. In: MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 2ª edição. Viçosa-MG: editora UFV, 2015. 376p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e área de mineração**. 3ª edição. Viçosa-MG: Editora Aprenda Fácil, 2013. 264p.

MIRANDA NETO, A.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; SILVA, D. A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista árvore**, v.34, n.6, p.1035 -1043, 2010.

MVSP/Plus. **Multi-variant statistical package**. Versão 3.1. Kovach Computing Services, 1998.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 434p.

PARENTE, R. G.; BARBOSA, L. G; SOUZA, O. C.; VILAR, F. C. R. Composição florística do banco de sementes do solo da caatinga em perímetro irrigado de Petrolina, Pernambuco. **Revista Semiárido De Visu**, v.1, n.1, p.18-31, 2011.

PAZ, G. V.; SILVA, K. A.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Banco de sementes em áreas de caatinga com diferentes graus de antropização. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.1, n.1, p.61-69, 2016.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. **Revista Parcerias Estratégicas**, v.17, n. 34, p.87-106, 2012.

PIAIA, B. B.; ROVEDDER, A. P. M.; COSTA, E. A.; FELKER, R. M.; PIAZZA, E. M.; STEFANELLO, M. M. Transposição do banco de sementes para restauração ecológica da floresta estacional no Rio Grande do Sul. **Revista agrária**, v.12, n.2, p.227-235, 2017.

REIS, A.; BECHARA, C.; TRES, D. R. A Nucleação na restauração ecológica de ecossistemas tropicais. **Revista Scientia Agricola**, v.67, n.2, p.244-250, 2010.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Revista Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

REY BENAYAS, J. M. R.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. Enhancement of biodiversity and ecosystems services by ecological restoration: a meta-analysis. **Journal Science**, v.325, n.5944, p.1121-1124, 2009.

RIBEIRO, T. O.; BAKKE, I. A.; SOUTO, P. C.; BAKKE, O. A.; LUCENA, D. S. Diversidade do banco de sementes em diferentes áreas de caatinga manejadas no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Ciência florestal**, v. 27, n. 1, p. 203-213, 2017.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.65-73, 2010.

SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W.; TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v.4, n.3, p.276-286, 2011.

SAS. **Sas/Stat 9.3 User's Guide**. Cary: Sas Institute Inc.; 2011.

SILVA, K. A.; SANTOS, D. M.; SANTOS, J. M. F. F.; ALBUQUERQUE, U. P.; FERRAZ, E. M. N.; ARAÚJO, E. L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semiarid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**, v.46, n.1 p.25–32, 2013.

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: Freeman, 1973. 573 p.

SOUSA, F. Q.; ANDRADE, L. A.; SILVA, P. C. C.; SOUZA, B. C. Q.; XAVIER, K. R. F. Banco de sementes do solo de caatinga invadida por *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Revista agrária**, v.12, n.2, p.220-226, 2017.

SHANNON, C. E.; WEAVER W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 188p.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência. 2000. 154p.

VIANA, P. L.; FILGUEIRAS, T. S. Inventário e distribuição geográfica das gramíneas (Poaceae) na Cadeia do Espinhaço, Brasil. **Revista Megadiversidade**, v.4, n.1-2, p.71-88, 2008.

WHITTAKER, R. H. **Classification of plant communities**. Boston: Kluwer Academic Publishers Group, 1984. 408 p.

ZEA, J. D. A.; SOUTO, J. S.; LEONARDO, F. A. P.; SOUSA, F. Q.; DAMASCENO, M. M.; AMADOR, V. C. Densidade e características agrônômicas do capim panasco (*Aristida longifolia*) em área de caatinga degradada. In: DIAS, N. S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N.; CAMACHO, R. G. V.; VASCONCELOS, C. B. L.; MORAIS, M. A.; SILVA, J. F.;

OLIVEIRA, A. M. **Meio ambiente e desenvolvimento sustentável no semiárido**. 1ª edição. Mossoró: editora UFERSA , 2016. 944p.



## **CAPÍTULO II**

### **TRANSPOSIÇÃO DO SOLO: RESPIRAÇÃO EDÁFICA E MESOFAUNA COMO BIOINDICADORES EM SOLOS DE CAATINGA**

SOUSA, F. Q. D.S. Universidade Federal da Paraíba: dezembro de 2017. **Transposição do solo: respiração edáfica e mesofauna como bioindicadores em solos de Caatinga.** Orientador: Dr. Jacob Silva Souto.

## RESUMO

A análise de bioindicadores de qualidade do solo, como a análise da respiração edáfica e da mesofauna, torna-se uma ferramenta importante para quantificar as respostas de recuperação de áreas degradadas. Neste contexto, a pesquisa objetivou avaliar o potencial da técnica de transposição do solo na restauração de uma área degradada no Núcleo de Desertificação do Seridó, através da análise da respiração edáfica e mesofauna do solo. Foram selecionadas sete áreas de diferentes microrregiões do semiárido da Paraíba, para a transposição do solo e alocação em uma área degradada. O delineamento foi em blocos casualizados, constando de oito tratamentos, um referente ao controle (área degradada) e os outros sete, aos solos transportados de áreas conservadas nas microrregiões, e de quatro repetições. Mensalmente foram realizadas as análises da respiração do solo medida pela absorção do CO<sub>2</sub> por uma solução de KOH e da mesofauna através da coleta de solo com anéis metálicos e posterior extração pelo método de Berlese-Tullgren modificado. Os tratamentos MPO e MPS foram os que apresentaram o maior número de indivíduos, 45 e 43, respectivamente, e a média anual da taxa de respiração do solo foi maior no tratamento MSO, com 147,3 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, seguido dos tratamentos MCR, MCS e MPS, que apresentaram valores médios de 144 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. A respiração edáfica e a mesofauna na maioria dos solos transportados são maiores que na área degradada, demonstrando que há eficiência na técnica de transposição do solo quando se busca a reestruturação de solos degradados.

**Palavras-chave:** restauração ecológica, organismos do solo, atividade microbiana.

SOUSA, F.Q. D.S. Federal University of Paraíba: December 2017. **Soil transposition: edaphic respiration and mesofauna as bioindicators in Caatinga soils.** Advisor: Dr. Jacob Silva Souto.

### **ABSTRACT**

The analysis of soil quality bioindicators, such as soil respiration and mesofauna, is an important tool to quantify the recovery responses of degraded areas. In this context, this research aimed to evaluate the potential of the soil transposition technique in the restoration of Seridó Desertification Nucleus degraded area, through the analysis of edaphic respiration and soil mesofauna. Seven areas of different microregions of Paraíba semi-arid were selected for the soil transposition, and its allocation in a degraded area. The outlining was in a randomized block, consisting of eight treatments, one for the Control (degraded area) and the other seven for the soil transported from areas preserved in the microregions (MSO, MPS, MSA, MCR, MPO, MIA and MCS), by four repetitions. Monthly, it was performed the soil respiration analysis measured by the CO<sub>2</sub> absorption by a solution of KOH, and the mesofauna analysis through the collection of soil with metal rings and subsequent extraction by the modified Berlese-Tullgren method. Treatments MPO and MPS were the ones that presented the highest number of individuals, 45 and 43, respectively, and the annual average rate of soil respiration was higher in the MSO treatment, with 147.3 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, followed by MCR, MCS and MPS treatments, which presented average values of 144 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. The edaphic respiration and mesofauna in most of the transported soils are greater than in the degraded area, demonstrating that there is efficiency in the soil transposition technique when it comes to the restructuring of degraded soils.

**Key words:** ecological restoration, soil organisms, microbial activity.

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é o componente fundamental dos ecossistemas terrestres abrigando processos e reações biológicas desempenhando diversas funções-chave. O equilíbrio ecológico do solo tem sido constantemente perturbado por ações antrópicas inadequadas, as quais ocasionam a degradação e a redução da qualidade natural (CHAER e TOTOLA, 2007).

A reestruturação da qualidade natural do solo de áreas degradadas é facilitada pelo processo de restauração ecológica, através da aplicação de técnicas de nucleação, que são facilitadoras no processo natural de sucessão, pois podem modificar as condições ambientais nas áreas degradadas (CORBIN e HOLL, 2012; MARTINS, 2013).

Dentre as diversas técnicas de nucleação utilizadas na restauração está a transposição do solo, que consiste da retirada da superfície do solo (*topsoil*) mais a serapilheira de áreas naturais conservadas e o dispendo na área degradada. Esta técnica facilita o fluxo gênico da biodiversidade regional, através da germinação do banco de sementes e do desenvolvimento da biota do solo (REIS et al., 2014).

Vários estudos já desenvolvidos com essa técnica buscam apenas avaliar seu potencial através do banco de semente contido no solo transportado, não levando em consideração análises no tocante a presença dos organismos que auxiliam na decomposição da matéria orgânica (meso e macrofauna, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas etc.), importantes na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo (REIS et al., 2010). A transposição do solo possibilita a restauração do solo nas novas áreas pela atuação dos diversos grupos de invertebrados da fauna edáfica do solo (MARCUIZZO et al., 2013).

A análise de indicadores de qualidade do solo, como a avaliação da respiração edáfica e mesofauna do solo, torna-se uma ferramenta importante para entender a atuação desses organismos no sistema solo. Segundo José et al. (2013), o monitoramento da população da mesofauna edáfica pode ser fundamental para a avaliação das interações biológicas no sistema solo/planta.

A mesofauna é um dos grupos de invertebrados que desenvolve papel fundamental na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo (SOUTO et al., 2008). Neste grupo estão incluídos organismos maiores como os ácaros (Acari), colêmbolos (Collembola), diplura, protura, enquitreídeos, sínfilos, pseudo-escorpiões e outros indivíduos (como micro-coleópteros, formigas e outros pequenos animais que geralmente são considerados na macrofauna) com tamanho entre 0,2 a 2,0 mm (MORAIS et al., 2013).

As atividades tróficas da mesofauna do solo inclui o consumo de microrganismos e da microfauna (especialmente nematoides e protozoários), e a fragmentação do material vegetal em decomposição, o que aumenta a superfície de contato para o ataque de microrganismos, aumentando a taxa de decomposição e liberação de nutrientes para o solo (CORREIA e ANDRADE, 2008).

O conhecimento da comunidade da fauna edáfica pode contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade de uma prática, seja de recuperação de uma área degradada ou até mesmo no caso de um sistema natural interferido (HOFFMANN et al., 2009; HUBER e MORSELLI, 2011).

A medição da liberação de CO<sub>2</sub> do solo é fundamental no ciclo do carbono nos ecossistemas e, ao quantificar o nível de atividade dos microrganismos do solo, pode-se compreender a velocidade de decomposição da matéria orgânica e a qualidade do solo (SILVA et al., 2010).

Essa respiração refere-se a liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, ou consumo de O<sub>2</sub>, como resultado de processos metabólicos de organismos vivos do solo. Segundo Araujo et al. (2011), o CO<sub>2</sub> produzido é a soma de todas as atividades metabólicas e tem a finalidade de monitorar os ecossistemas e distúrbios de áreas degradadas. Já para Souto et al. (2009), estudos sobre a respiração edáfica ajudam a explicar muitos processos que ocorrem no solo e são de fundamental importância para estudos que buscam a restauração ecológica por meio de técnicas nucleadoras, pois permite avaliar o real potencial dos solos utilizados para a restauração de áreas degradadas.

Portanto, a análise da respiração edáfica e da mesofauna do solo tornam-se importantes bioindicadores de qualidade do solo para se conhecer o potencial de restauração ecológica de solos transpostos de áreas conservadas e alocados em área degradada. Deste modo, a partir da análise da respiração edáfica do solo e da abundância e diversidade de espécimes da mesofauna, o referido estudo objetivou avaliar o potencial da técnica de transposição do solo na restauração de uma área degradada no Núcleo de Desertificação do Seridó.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área experimental**

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Cachoeira de São Porfírio (06° 48' 32,1" S; 36° 57', 17,4" W) município de Várzea, microrregião do Seridó Ocidental, Estado da Paraíba. O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo BSh (semiárido), com temperatura média anual de 25°C e pluviosidade média anual inferior 800 mm. O relevo é suave ondulado, com presença de afloramentos rochosos, e o solo predominante é o Neossolo Flúvico Ta distrófico. A formação vegetal é a caatinga hiperxerófila, com aspecto arbóreo-arbustivo esparsa e se fixa em solos pedregosos e erodíveis (FERREIRA et al., 2014; BARROSO, 2017).

O local de implantação do experimento apresenta sinais de intensa atividade antrópica, como o desmatamento, à pecuária extensiva e ao cultivo do algodão que exauriram, ao longo do tempo, quimicamente o solo e a capacidade de regeneração natural da vegetação, sendo rara a presença de espécies vegetais, a exceção das espécies herbáceas que predominam na área: capim panasco (*Aristida longifolia* H.B.K.) e malva branca (*Sida cordifolia* L.).

## 2.2 Transposição do solo das áreas doadoras

Foram selecionadas sete áreas para a transposição do solo, sendo todas de microrregiões que englobam o semiárido da Paraíba (Vide figura 2 no capítulo 1). As áreas das microrregiões selecionadas possuem características similares quanto às condições edafoclimáticas, quanto à fitofisionomia e conservação da vegetação.

O arranjo experimental foi em blocos casualizados, com oito tratamentos, sendo um o controle e os outros sete, os solos transportados, com quatro repetições, que foram alocados em parcelas de nove metros quadrados, equidistante a cada dois metros, ocupando uma área total de 924 m<sup>2</sup> (Vide figura 3 no capítulo 1).

Em cada microrregião foi selecionada uma área em estágio sucessional avançado. Posteriormente, para cada área, foi demarcada quatro parcelas de nove metros quadrados e coletado toda a camada superficial do solo + serapilheira em seu interior, até 5,0 cm de profundidade, e acondicionadas em sacos de náilon. Em seguida, os solos foram transportados para a área experimental em Várzea – PB, onde foram demarcadas as parcelas de nove metros quadrados, feita a limpeza e retirado todo o solo a 5,0 cm de profundidade e, em seguida, colocados os solos transportados de cada microrregião, conforme a distribuição dos tratamentos.

Nos mesmos pontos de coleta dos solos transportados foram realizadas, na profundidade de 0-20 cm, coletas de solo para posterior caracterização físico-química das

áreas estudadas, conforme Embrapa Solos (DONAGEMMA et al., 2011) (Vide tabela 1 no capítulo 1).

### 2.3 Avaliação da respiração edáfica

A atividade microbiana, medida pela captação do CO<sub>2</sub> por uma solução de KOH, posteriormente titulada com HCl, segundo a metodologia descrita por Grisi (1978), foi determinada mensalmente, durante o período de 12 meses, procedendo-se à quantificação em todas as 32 parcelas.

Foi utilizado recipiente de vidro contendo 10 ml de solução 0,5 N de KOH. Em cada tratamento foi deixado um recipiente com solução, centralizado no meio da parcela, totalizando 32 recipientes no período diurno (06:00 h às 18:00 h) e a mesma quantidade no período noturno (18:00 h às 06:00 h), perfazendo 24 horas de amostragem.

Os recipientes, depois de destampados, foram cobertos imediatamente com baldes de PVC com 26 cm de altura e 23,5 cm de diâmetro, cobrindo uma área do solo de 415,78 cm<sup>2</sup>, de forma que este permanecia em contato apenas com o ar proveniente do solo. As bordas dos baldes foram enterradas no solo (Figura 1).



Fonte: Sousa (2017).

**Figura 1.** Vista geral da área experimental, destacando-se a utilização dos baldes plásticos cobrindo os recipientes com KOH no período seco (A e C) e no período chuvoso (B e D) na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea.

Durante o período de avaliação o  $\text{CO}_2$  liberado no sistema foi captado por uma solução alcalina de hidróxido de potássio 0,5 N, de modo a estabelecer um sistema de equilíbrio ácido-base, no qual predominam os íons  $\text{OH}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ . Após 12 horas, correspondentes ao período diurno ou noturno, os recipientes foram recolhidos e imediatamente fechados, de modo a evitar as trocas gasosas com o meio, e levados ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/CSTR/UFCG em Patos - PB, para titulação (Figura 2). Em cada avaliação foi mantido um recipiente com solução, hermeticamente fechado, e utilizado como controle (testemunha) que permaneceu no laboratório.





**Figura 2.** Material utilizado para fazer a titulação das amostras recolhidas no campo, na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, em Várzea, PB (SOUSA, 2017).

A quantificação do  $\text{CO}_2$  desprendido do solo foi feita através da titulação com solução padrão ácida ( $\text{HCl}$  0,1N), após a precipitação do íon carbonato presente nas amostras. Na titulação das amostras foram utilizadas duas gotas de fenolftaleína (1ª viragem) e no ponto de viragem foram adicionadas duas gotas de alaranjado de metila (2ª viragem) na solução titulada até obter a cor alaranjada (SOUTO et al., 2009). A massa de  $\text{CO}_2$  desprendida por unidade de área e tempo foi obtida considerando a massa total desprendida no período de permanência na área e a área do balde, utilizando-se a seguinte equação:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{352 \cdot (\Delta V_A - \Delta V_C) \cdot N_B \cdot N_A}{3 \cdot P \cdot A_B} \cdot 10^4,$$

sendo:

$m_{\text{CO}_2}$  = massa de  $\text{CO}_2$  em  $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ;

$\Delta V_A$  = diferença de volume de  $\text{HCl}$  gasto na primeira e segunda etapa da titulação da amostra (mL);

$\Delta V_C$  = diferença de volume de  $\text{HCl}$  gasto na primeira e segunda etapa da titulação do controle (mL);

$N_A$  = concentração de  $\text{HCl}$ , em n-eq/L;

$N_B$  = concentração de  $\text{KOH}$ , em n-eq/L;

P = período de permanência da amostra no solo (horas);

AB = área de abrangência do balde ( $\text{cm}^2$ ).

## 2.4 Avaliação da mesofauna do solo

Para a avaliação da mesofauna do solo foram coletadas, mensalmente, durante o período de 12 meses, 32 amostras indeformadas de solo nos oito tratamentos com quatro repetições. A coleta ocorreu por meio de anéis metálicos (diâmetro = 4,8 cm e altura = 5,2 cm) que foram introduzidos no solo com sucessivos golpes de martelo em uma tábua resistente sobreposta ao anel, até que o mesmo estivesse totalmente preenchido (Figura 3).



Fonte: Sousa (2017).

**Figura 3.** Coleta das amostras de solo para extração da mesofauna nos tratamentos, na área experimental na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea, PB.

Nos períodos secos, antes da retirada das amostras de solo com o anel, a área foi umedecida, de modo a evitar que a amostra se desprendesse, prejudicando a extração dos

organismos. Em seguida, as amostras retiradas do solo foram envolvidas em tecidos de TNT, visando a minimização de perdas de umidade, sendo colocadas em caixa de isopor, protegidas do sol e do calor (SOUTO et al., 2008).

Posteriormente, as amostras coletadas foram transportadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/CSTR/UFCG, em Patos – PB, sendo as amostras distribuídas no aparato de Berlese-Tullgren modificado, para a extração da mesofauna (Figura 4).



**Figura 4.** Aparato de Berlese-Tullgren modificado, utilizado para extração da mesofauna do solo (SOUSA, 2017).

O aparato é composto por tábuas retangulares dividida em dois compartimentos. O compartimento superior contém os anéis com as amostras e as lâmpadas de 25W, enquanto no compartimento inferior contém os funis e os frascos de vidro com a solução de álcool etílico a 80% para o recolhimento dos organismos. As amostras foram mantidas no extrator por 96 horas expostas à luz e calor, com a temperatura na parte superior do anel atingindo, em média, 42°C (SOUTO et al., 2008).

As radiações produzidas pelas lâmpadas, com o tempo, fizeram com que o solo secasse progressivamente de cima para baixo, tornando-se desfavorável à presença dos organismos. Com isto eles migraram para as camadas mais profundas do solo das amostras e acabaram caindo nos funis, que os direcionaram para os frascos receptores, devidamente

identificados, contendo a solução. O aparato foi vedado completamente com tela de náilon, para evitar a contaminação das amostras por meio de insetos noturnos que poderiam ser atraídos pelas luzes dos extratores.

Após o período de extração, foi feita a transferência do conteúdo de cada frasco para as placas de Petri onde, com o auxílio de um biovídeo (Figura 5), foi feita a contagem e identificação dos espécimes presentes em cada amostra.



**Figura 5.** Microscópio tipo Biovídeo utilizado na identificação dos indivíduos da mesofauna.

Foi mensurado o número total de indivíduos (abundância) em cada tratamento. Para a avaliação da diversidade faunística e a equabilidade entre os tratamentos foram utilizados os índices de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e de Pielou ( $J'$ ), respectivamente (SHANNON e WEAVER, 1949; ODUM, 1988). Na discussão dos dados, utilizou-se o termo “Grupo” para identificar os invertebrados de uma mesma ordem.

## 2.5 Avaliação da pluviosidade, teor de água e temperatura do solo

Os dados mensais de pluviosidade foram obtidos através de pluviômetro situado próximo a área experimental. Em cada parcela foram coletadas mensalmente amostras de solo a 5,0 cm de profundidade, utilizando-se recipiente de peso conhecido para determinação do conteúdo de água no solo (TEDESCO et al., 1995). Com o auxílio de um termômetro digital, foi verificado mensalmente a temperatura do solo na superfície e a 15,0 cm de profundidade.

## 2.6 Análises estatísticas

Os dados da mesofauna para comparação entre os meses foram transformados em  $\sqrt{x+1}$ , atendendo assim, às pressuposições da análise de variância. Os dados da respiração e mesofauna do solo foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *Software* SAS 9.3 (2011). Os índices de diversidade e similaridade da mesofauna foram realizados através do *Software* MVSP 3.1<sup>®</sup> (MVSP/PLUS, 1998).

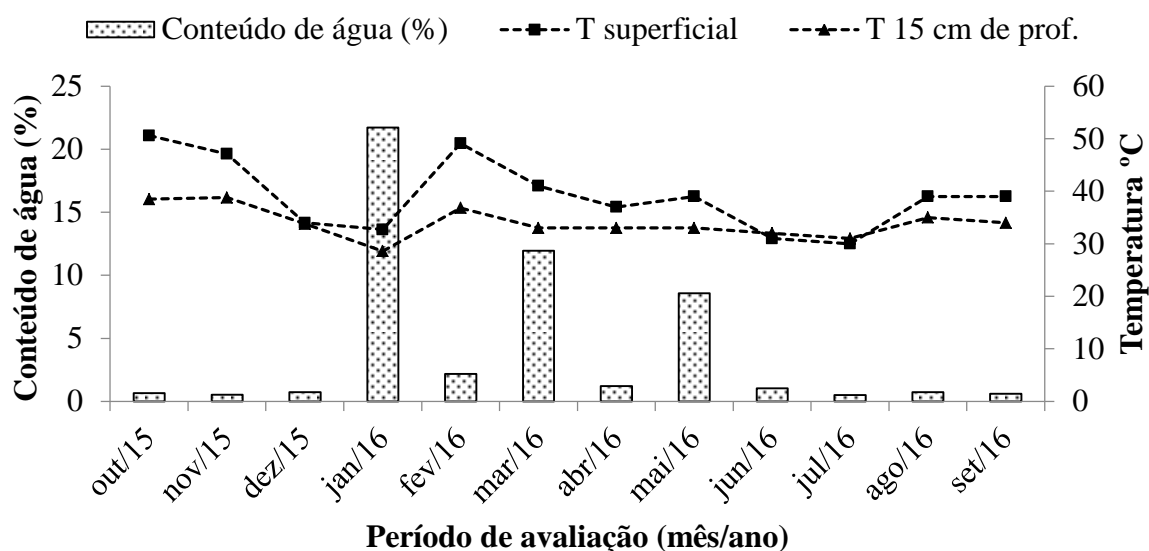
# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Respiração edáfica

A precipitação total durante o período experimental foi de 568 mm. As chuvas se concentraram de dezembro de 2015 a maio de 2016, com as maiores precipitações ocorridas nos meses de janeiro e março, 280 e 108 mm, respectivamente, ambos responsáveis por 68% do total registrado (Vide figura 7 no capítulo 1).

Na figura 6, observa-se os valores médios mensais do conteúdo de água no solo e de temperatura na superfície do solo e a 15 cm de profundidade, referente ao período de estudo compreendido entre outubro de 2015 a setembro de 2016.

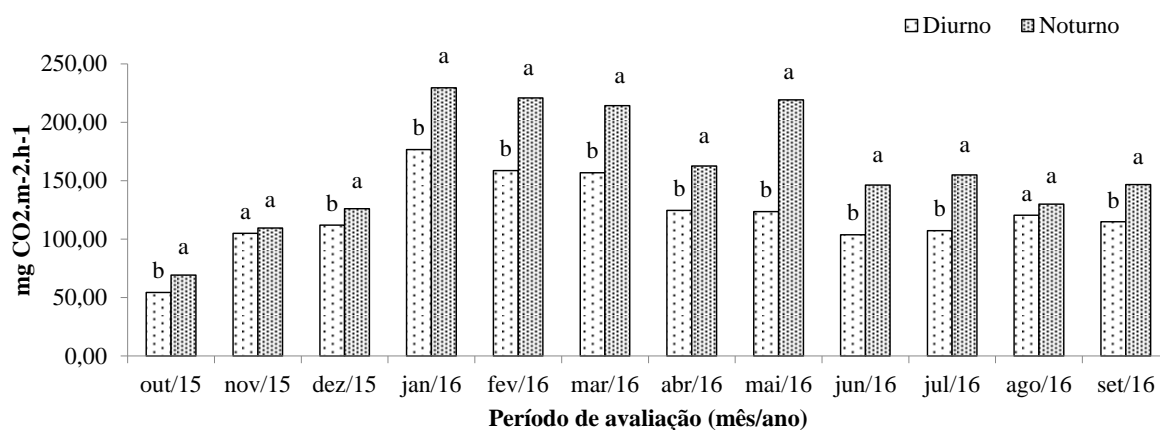




**Figura 6.** Médias mensais do conteúdo de água no solo (%) e da temperatura superficial do solo e a 15 cm de profundidade do solo na área experimental.

Com relação ao conteúdo de água no solo, observa-se que nos meses onde ocorreram as maiores precipitações, houve tendência de aumento no conteúdo de água no solo, com decréscimos imediatos quando ocorria diminuição no regime hídrico. Quanto à temperatura, tanto na superfície como a 15 cm de profundidade, houve também uma redução nos meses que foram verificados maior conteúdo de água no solo. Em janeiro, mês com maior conteúdo de água no solo, a temperatura na superfície chegou a registrar 32° C e na profundidade de 15 cm 28° C. Já no mês com menor conteúdo de água no solo, outubro, a temperatura foi de 50° C, na superfície, e de 38° C a 15 cm de profundidade.

A média anual da taxa de respiração do solo nos turnos diurno e noturno foi de 121,5 e 160,7 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, respectivamente. A liberação de CO<sub>2</sub> no turno noturno foi maior que no diurno ao longo do ano, exceto para os meses de novembro e agosto, onde os valores foram estatisticamente iguais, conforme figura 7.



**Figura 7.** Valores médios mensais de CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) liberados nos turnos diurno e noturno, de outubro de 2015 a setembro de 2016. Letras iguais nas colunas, em cada mês, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Vários trabalhos desenvolvidos em ecossistemas de Caatinga demonstram que o período noturno influencia para uma maior liberação de CO<sub>2</sub> pela microbiota do solo (CORREIA et al., 2009; ARAUJO et al., 2009; ARAUJO et al., 2011; SOUTO et al., 2013; CORREIA et al., 2015; SANTOS et al., 2016).

Souto et al. (2013) atribuem a maior produção de CO<sub>2</sub> no período noturno, quando comparado com o diurno, às menores oscilações térmicas, favorecendo melhores condições para atividade dos microrganismos do solo. Segundo Brady e Weil (2013), a atividade microbiana responde sensivelmente à temperatura do solo e é maior quando as temperaturas estão, em geral, entre 20 e 40° C. Souto et al. (2009) verificaram inibição na produção de CO<sub>2</sub> quando as temperaturas alcançaram valores próximos de 50° C. Fang e Moncrieff (2001) observaram que a respiração do solo foi intensificada quando a temperatura do solo apresentava valores até 32 °C com a temperatura ambiente próxima de 40 °C, enquanto em temperaturas mais elevadas a respiração era reduzida.

Na tabela 1, observa-se que todos os tratamentos registraram as maiores taxas de respiração do solo nos meses com maior precipitação. Os tratamentos referentes aos solos da microrregião do Seridó Ocidental (MSO), microrregião de Patos (MPS) e microrregião de Piancó (MPO) registraram as maiores taxas de CO<sub>2</sub> liberado nos mês de janeiro, 262,9, 216,7 e 247,8 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, respectivamente.

O tratamento controle e os das microrregiões de Sousa (MSA), Catolé do Rocha (MCR), Itaporanga (MIA) e Cajazeiras (MCS) em fevereiro, 178,6, 179,5, 211,1, 180,4 e

183,9 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, respectivamente. Os tratamentos MCR e MCS também registraram para o mês de maio taxa de respiração igual ao mês de fevereiro.



**Tabela 1.** Comparação das médias mensais da respiração do solo ( $\text{mg CO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ ) entre os meses e tratamentos.

Mês/ano	Respiração do solo (mg CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )								Média
	Tratamentos								
	Controle	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS	
Out/15	63,39 cA	62,33 eA	62,48 fA	49,89 eA	68,09 cA	53,84 eA	54,44 eA	79,47 eA	61,74
Nov/15	117,53 bAB	107,52 dAB	115,41 eAB	87,50 deB	107,22 bcAB	85,23 deB	107,07 dAB	130,73 cdA	107,28
Dez/15	133,61 bAB	113,13 dAB	124,66 deAB	97,21 cdB	114,50 bAB	102,97 cdAB	126,33 dAB	140,28 bcdA	119,09
Jan/16	151,05 abD	262,97 aA	216,71 aBC	167,27 abD	230,21 aAB	247,80 aAB	171,22 abD	178,04 abCD	203,16
Fev/16	178,65 aA	206,10 bA	185,93 bcA	179,56 aA	211,10 aA	192,60 bA	180,47 aA	183,96 aA	189,79
Mar/16	154,08 abC	223,39 abA	190,48 abBC	162,57 abC	209,58 aA	208,98 abAB	165,15 abcC	169,70 abcBC	185,49
Abr/16	123,45 bB	149,08 cdAB	142,10 deAB	169,40 abA	141,34 bAB	136,64 cAB	142,71 bcAB	143,92 bcdAB	143,58
Mai/16	158,78 abBC	188,96 bcAB	159,99 cdBC	166,82 abBC	205,04 aA	144,68 cC	162,27 abcBC	184,87 aAB	171,43
Jun/16	132,39 bA	113,89 dA	127,24 deA	128,15 cdA	107,67 bcA	121,17 cdA	134,36 bcdA	135,12 bcdA	125,00
Jul/16	138,16 bA	111,31 dA	145,28 deA	135,12 bcA	110,86 bcA	140,43 cA	144,22 bcA	123,90 dA	131,16
Ago/16	132,85 bA	115,26 dA	125,27 deA	139,22 abcA	114,65 bA	103,43 cdA	138,16 bcdA	133,00 cdA	125,23
Set/16	149,83 abA	114,50 dA	135,88 deA	137,85 bcA	114,95 bA	122,38 cdA	141,64 bcdA	129,06 cdA	130,76
Média	136,15	147,37	144,29	135,05	144,60	138,35	139,00	144,34	141,14

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

Observando-se os valores na tabela 1, a maior média mensal da taxa de CO<sub>2</sub> liberado foi observada para o mês de janeiro com 203,1 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>. Já a menor média de CO<sub>2</sub> liberado foi registrada no mês de outubro, sendo registrado 61,7 mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>.

Este aumento no CO<sub>2</sub> liberado no período chuvoso pode ser atribuído ao acréscimo do conteúdo de água no solo (Figura 3), o que proporcionou um crescimento substancial do estrato herbáceo nos tratamentos, possibilitando temperaturas amenas na superfície do solo e, consequentemente, maior atividade dos microrganismos na camada superficial do solo.

Brady e Weil (2013) corroboram estas informações e explicam que o maior conteúdo de água no solo e menores temperaturas possibilitam crescimento mais rápido da cobertura vegetal, propiciando melhores condições para o desenvolvimento da biomassa microbiana, favorecendo uma maior liberação de CO<sub>2</sub> pelo aumento nas atividades metabólicas dos microrganismos.

Com relação ao conteúdo de água no solo, esses efeitos são decorrentes principalmente da interação do conteúdo de água e do espaço poroso do solo. Segundo Smart e Peñuelas (2005), elevações no conteúdo de água no solo, com a ocorrência de eventos pluviométricos, favorecem a expulsão de quantidades significativas de CO<sub>2</sub> do interior do solo, devido à infiltração de água nos espaços porosos.

Já o decréscimo na liberação de CO<sub>2</sub> observado nos meses de junho a novembro está ligado, provavelmente, ao período de estiagem, onde os solos se encontravam com baixo conteúdo de água, com pouca cobertura herbácea e com registro de altas temperaturas na superfície do solo, diminuindo efetivamente a atividade dos organismos edáficos. Han et al. (2015) observaram uma correlação positiva com a quantidade de serapilheira e os altos valores de liberação de CO<sub>2</sub>. Os resultados também demonstraram que com a redução da serapilheira a umidade do solo diminui e, com isso, mudanças ocorrem diminuindo a atividade microbiana no solo.

A capacidade de biodegradação da matéria orgânica pelos microrganismos diminui estando pouco úmida ou seca, podendo ser também um dos motivos pelo qual os valores de CO<sub>2</sub> foram menores nos meses mais secos. Para Macleod et al. (2008), a biodegradação da matéria orgânica pelos microrganismos é mais eficaz quanto maior a umidade da mesma. Trabalhos desenvolvidos em áreas de Caatinga com o objetivo de analisar a respiração do solo evidenciam que os baixos conteúdos de água e as elevadas temperaturas dos solos são fatores limitantes para uma maior atividade microbiana (SOUTO et al., 2013; CORREIA et al., 2015).

Não houve diferença nos valores de CO<sub>2</sub> liberado do solo para os meses de fevereiro, junho, julho, agosto, setembro e outubro (Tabela 1). No entanto, nos meses de novembro e dezembro, os maiores valores foram observados no tratamento MCS, com 130,7 e 140,2 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, respectivamente. No mês de janeiro o tratamento MSO foi quem apresentou a maior liberação de CO<sub>2</sub>, 262,9 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Novamente o tratamento MSO apresentou em março a maior liberação, 223,3 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, seguido pelo tratamento MCR que apresentou 209,5 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Em abril o tratamento MSA foi o que mais liberou CO<sub>2</sub>, 169,4 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, e em maio o tratamento MCR foi o que apresentou maior valor, 205,0 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (Tabela 1).

De forma geral, a média anual da taxa de respiração do solo foi maior no tratamento MSO, com 147,3 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, seguido dos tratamentos MCR, MCS e MPS, que apresentaram valores médios de 144 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. A menor taxa de respiração foi observado nos tratamentos MSA e controle, ambos apresentaram valores médios de 136 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>.

Com exceção do tratamento MSA, todos os demais apresentam valores de CO<sub>2</sub> liberado superiores ao tratamento controle (área degradada), demonstrando que os solos transportados das diversas microrregiões possuem características desejáveis para uso na restauração ecológica da área degradada onde o experimento foi instalado, através da técnica de transposição do solo. Para Martins (2013), a transposição do solo, além de proporcionar o banco de sementes, funciona como fonte de matéria orgânica, nutrientes, microrganismos, micro e mesofauna presentes no solo superficial e na serapilheira, o que auxiliará na recuperação das propriedades físico-químicas do solo degradado, e por consequência na revegetação da área.

Portanto, o aumento na produção de CO<sub>2</sub> por parte dos solos alocados na área degradada, deve-se, provavelmente, a maior presença de microrganismos edáficos advindos dos mesmos. E a baixa atividade respiratória observada no tratamento controle, em comparação com os demais tratamentos, pode ser função de uma menor diversidade da população microbiana, visto as características de degradação da referida área.

Valentini et al. (2015) com o objetivo de avaliar a produção de CO<sub>2</sub> em um bosque e em uma área degradada, observaram que a média anual da respiração do solo no bosque foi maior que na área degradada, 130,6 e 86,7 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, respectivamente. Correia et al. (2015), analisando quatro áreas em diferentes estágios regenerativos no semiárido paraibano, observaram que quanto mais conservada a área maior é a liberação de CO<sub>2</sub>. Yan et al. (2006),

avaliando a respiração do solo em três florestas em diferentes estágios de sucessão na reserva Dinghushan, no sul da China, constataram valores maiores de CO<sub>2</sub> na comunidade florestal com sucessão mais avançada. Assis Junior et al. (2003) verificaram atividade microbiana maior em área de mata nativa (559,3 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) e de sistema agroflorestal (538,2 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) do que em áreas desmatadas (165,1 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>).

Na tabela 1 (Vide capítulo 1) encontra-se os resultados das análises dos solos de cada microrregião. Enquanto o solo do tratamento controle é caracterizado como distrófico, com pH bastante ácido, os solos dos demais tratamentos são caracterizados como eutróficos e apresentam, em média, pH próximo da neutralidade.

Esses valores verificados na análise do solo da área degradada, provavelmente, podem ter sido mais um fator que contribuiu para menor liberação de CO<sub>2</sub>, quando comparado com o CO<sub>2</sub> liberado nas demais áreas, já que solos distróficos apresentam baixa fertilidade e pH ácido diminui a disponibilidade de nutrientes catiônicos na solução do solo, que são essenciais para o desenvolvimento do metabolismo dos microrganismos do solo. Segundo Bittar et al. (2013), a atividade microbiana do solo é regulada por uma série de fatores abióticos, tais como pH e nutrientes do solo.

Reth et al. (2005) verificaram aumento linear no efluxo do CO<sub>2</sub> do solo em uma faixa de pH entre 4,0 a 8,0, com declínio potencial na emissão de CO<sub>2</sub> com pH acima de 9,0. Segundo Freitas-Vinhal et al. (2012), o teor de nutrientes disponíveis, tais como P, K e Mg são fatores importantes que regulam a atividade microbiana e a dinâmica do solo. Os mesmos autores observaram aumento na atividade microbiana com a adição de P no solo.

O solo do tratamento MSO, apresenta alto teor de areia quando comparado aos demais tratamentos, o que pode ter facilitado as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, aumentando a liberação de CO<sub>2</sub> do solo, principalmente com maior teor de água no solo. Todos os tratamentos apresentaram maior produção de CO<sub>2</sub> no período chuvoso, ou seja, com maior teor de água no solo, e o tratamento MSO foi o que apresentou maiores valores nesse período.

Bauer et al. (2006) observaram que o efluxo de CO<sub>2</sub> apresentou correlação negativa com a densidade do solo e as frações de argila. No entanto, as frações de areia foram positivamente correlacionadas com o efluxo de CO<sub>2</sub>. Os mesmos autores verificaram em solo franco-arenoso que a densidade e a textura foram relacionados ao efluxo de CO<sub>2</sub> quando o conteúdo de água foi relativamente alto.

### 3.2 Mesofauna do solo

Foram coletadas 384 amostras de solo, das quais foram extraídos 268 organismos, distribuídos em sete grupos faunísticos, sendo que os com maior representatividade em todos os tratamentos foram Collembola com 175 e Acarina com 59 (Tabela 2), ambos responsáveis por 87% dos espécimes coletados durante todo o período de avaliação, confirmando a maior representatividade desses grupos.

**Tabela 2.** Número e frequência de indivíduos da mesofauna do solo.

Grupo faunístico	Nº de indivíduos	Frequência %
Collembola	175	65,30
Acarina	59	22,01
Hymenoptera	22	8,21
Coleoptera	7	2,61
Araneae	3	1,12
Isoptera	1	0,37
Protura	1	0,37

Silva et al. (2016) registraram 162 indivíduos distribuídos em nove grupos, em pesquisa realizada em Caatinga conservada no semiárido alagoano. Damasceno e Souto (2014) coletaram 420 amostras de solo em três municípios no Núcleo de Desertificação do Seridó e registraram 730 indivíduos distribuídos em quatro grupos. Souto et al. (2008), com o objetivo de avaliar as populações da mesofauna em uma área conservada no semiárido Paraibano durante dois anos, encontraram 1.688 indivíduos distribuídos em doze grupos, em 216 amostras de solo coletada. Araujo et al. (2013) coletaram 1.080 amostras de solo e extraíram 762 indivíduos distribuídos em quatorze grupos, em área de Caatinga no Cariri Paraibano.

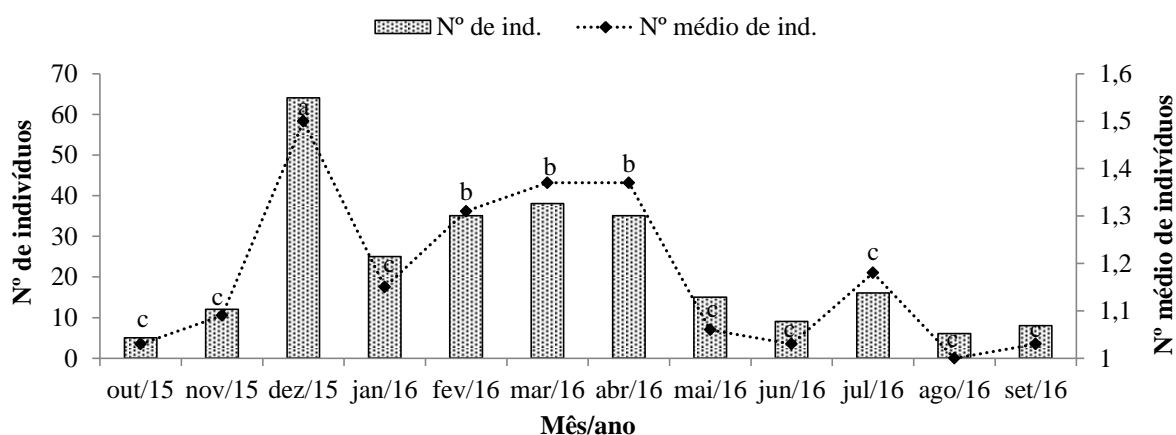
Comparando-se os resultados da presente pesquisa com os dos estudos supracitados, nota-se uma variação na quantidade de indivíduos e de grupos com aumento de amostras de solos coletados. No entanto, a variação no número de indivíduos e de grupos faunísticos está ligada não somente a quantidade de amostras de solo coletados, mas, principalmente, as condições ambientais intrínsecas das áreas nas quais esses organismos estão inseridos.

Para Moraes et al. (2013) a abundância e diversidade da mesofauna do solo dos ecossistemas naturais pode ser afetada por vários fatores edáficos, vegetais, topográficos e climáticos. Segundo Berude et al. (2015), variações na composição da mesofauna do solo

podem ser encontradas em uma mesma região, pois a variabilidade dos microhabitats, com seus respectivos microambientes, possibilita a coexistência de organismos com características distintas (GATIBONI et al., 2009).

Ações antrópicas também podem influenciar na composição da mesofauna do solo, fazendo com que cada espécie responda de forma diferenciada as alterações ambientais (WINK e JERSON, 2005). Portanto, intervenções antrópicas influenciam na abundância e composição de grupos faunísticos, afetando a dinâmica das comunidades e, por consequência, as funções ecológicas nas quais estão envolvidos (MORAIS et al., 2010).

Houve diferença de variação na riqueza de indivíduos da mesofauna edáfica durante os meses de avaliação (Figura 8). Nos meses onde houve registro de chuvas (Vide figura 7 no capítulo 1) e, conseqüentemente, maior teor de água no solo (Figura 6) foi encontrado maior número de indivíduos, sendo que o pico na riqueza ocorreu no mês de dezembro de 2015, com 64 indivíduos, período que iniciou-se as chuvas.



**Figura 8.** Variação mensal no número de indivíduos e nos valores médios transformados ( $\sqrt{x+1}$ ) da mesofauna coletada nos tratamentos durante o período experimental. Letras iguais nas barras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No mês de janeiro de 2016, mesmo registrando o maior índice pluviométrico, houve redução de mais de 50% no número de indivíduos comparando-se com o mês anterior. Nos meses seguintes, de fevereiro a abril de 2016, aumentou a quantidade de indivíduos coletados, porém verificou-se uma redução considerável nos meses posteriores com a diminuição das chuvas.

De modo geral, a maior riqueza de indivíduos foi registrada no período chuvoso. Provavelmente, essa riqueza esteja relacionada com o maior conteúdo de matéria orgânica do solo, já que todos os tratamentos apresentava uma expressiva cobertura herbácea nesse período, proporcionando maior quantidade de alimento para os organismos do solo.

Segundo Rovedder et al. (2009) a riqueza de fauna edáfica está relacionada com a disponibilidade e qualidade de cobertura vegetal como fonte de nutrientes e abrigo. Damasceno e Souto (2014), observaram aumento da densidade de organismos relacionados com a matéria orgânica presente no solo. Os autores encontraram aumento gradativo na riqueza e na uniformidade da distribuição dos indivíduos nas áreas com vegetação em comparação com as áreas sem vegetação.

Para Costa et al. (2013) os resíduos orgânicos presentes na superfície do solo exercem efeito direto sobre a dinâmica dos microrganismos do solo, destacando-se o desenvolvimento da fauna do solo, devido ao fornecimento de nutrientes e energia para atividade dos organismos.

Por outro lado, como os tratamentos foram dispostos em área aberta, sendo expostos totalmente a radiação solar, o decréscimo na população da mesofauna nos meses mais secos seja decorrente do efeito das temperaturas mais elevadas e do menor conteúdo de água do solo, bem como da diminuição na oferta de matéria orgânica.

Souto et al. (2008) estudando a acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos, em área de Caatinga, observaram decréscimo na população da mesofauna nos períodos secos, atribuindo esse fato, provavelmente, a diminuição na oferta de alimento, o que limita a existência de alguns grupos, restando apenas os mais adaptados às condições de escassez hídrica e de alimento, bem como das temperaturas elevadas do solo.

De acordo com Brown et al. (2015), os elementos climáticos e/ou meteorológicos como temperatura, precipitação e conteúdo de água do solo, são fatores limitantes ao crescimento da população da mesofauna do solo. Para Araujo et al. (2013), a exposição do solo à radiação solar e o baixo conteúdo de água do solo pode provocar a migração, queda na reprodução ou em caso mais extremo na mortalidade dos organismos edáficos.

Rovedder et al. (2009) mencionam que a diminuição da precipitação provoca a diminuição do número de organismos do solo, uma vez que a escassez do conteúdo de água do solo restringe processos metabólicos e aumenta a taxa de mortalidade em ordens mais sensíveis como os colêmbolos e o aumento da temperatura ocasiona a secagem fisiológica

destes organismos, já que as altas temperaturas na superfície do solo atuam, juntamente com outras características de solo degradado, como um fator de restrição ao número de indivíduos e ao número de gerações anuais dos colêmbolos.

Os grupos faunísticos que apresentaram maior abundância no período chuvoso foram os Acarina e Collembola. Populações de colêmbolos e ácaros são mais abundantes na camada superficial do solo em períodos quentes e chuvosos, por apresenta condições satisfatória para a presença de um maior número de organismos (DUCATTI, 2002; BARROS et al., 2010).

Os grupos Collembola, Acarina e Hymenoptera foram encontrados em todos os tratamentos, seguido do grupo Coleoptera que ocorreu em cinco (Controle, MSO, MPS, MCR e MCS) e Araneae que ocorreu em três tratamentos (MSO, MPS e MSA). Isoptera e Protura foram registrados em apenas um tratamento cada (Tabela 3).

**Tabela 3.** Abundância dos grupos faunísticos por tratamento.

Grupos faunísticos	Tratamentos							
	Controle	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS
Collembola	18	22	28	11	23	36	25	12
Acarina	8	9	12	5	8	7	5	5
Hymenoptera	1	2	1	1	2	1	3	11
Coleoptera	2	1	1	0	2	0	0	1
Araneae	0	1	1	1	0	0	0	0
Isoptera	0	0	0	1	0	0	0	0
Protura	0	0	0	0	0	1	0	0
Total	29	35	43	19	35	45	33	29

Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

O tratamento MSA foi responsável pelo menor número de indivíduos de Collembola, 11, seguido do tratamento MCS, com 12. Os tratamentos MPO e MPS foram os que apresentaram maior abundância, 36 e 28 indivíduos, respectivamente. MIA, MCR e MSO registraram 25, 23 e 22 indivíduos, respectivamente. O tratamento MSA também apresentou baixo número de indivíduos para o grupo Acarina, juntamente com os tratamentos MIA e MCS, nos quais foram registrados cinco indivíduos em cada. Já Acarina teve o maior número de indivíduos registrados no tratamento MPS, com 12, seguido do tratamento MSO, com nove, enquanto Controle e MCR apresentaram oito indivíduos em cada tratamento.

Hymenoptera teve a maior abundância registrada no tratamento MCS, com 11 indivíduos, seguido do tratamento MIA, com três; nos demais tratamentos foi baixa a



presença de indivíduos desse grupo. O grupo Coleoptera apresentou dois indivíduos nos tratamentos Controle e MCR e um nos tratamentos MSO, MPS e MCS.

Os grupos faunísticos com maior representatividade apresentado nesse estudo também são os mais expressivos em estudos análogos para a mesma formação vegetal (SOUTO et al., 2008; ARAÚJO et al., 2009; ARAÚJO et al., 2013; DAMASCENO e SOUTO, 2014; SILVA et al., 2016).

Araujo et al. (2013) observaram que, em média, 68,6% dos indivíduos foram do grupo Acarina e 12,7% do grupo Collembola. Damasceno e Souto (2014) também registraram maior dominância desses dois grupos, sendo que Collembola foi responsável por 42% e Acarina 35% dos indivíduos. Já Souto et al. (2008) registraram maior predominância do grupo Diptera (42,5%), seguindo pelos grupos Acarina e Collembola, 40,3% e 8,8%, respectivamente.

Regiões onde a altitude é mais elevada, a temperatura mais baixa e os índices pluviométricos são altos, também apresentam características semelhantes à de regiões mais secas e quentes quanto a predominância dos grupos Acarina e Collembola na mesofauna do solo (HOFFMANN et al., 2009; BARROS et al., 2010; MORAIS et al., 2010; JOSE et al., 2013).

De acordo com Brown et al. (2015), os grupos Acarina e Collembola são os mais ricos em espécies e indivíduos da mesofauna edáfica – cerca da metade são habitantes do solo –, sendo os ácaros mais diversos que os colêmbolos em espécies conhecidas no Brasil.

Os ácaros têm uma imensa diversidade de níveis funcionais, estando representados principalmente enquanto predadores ou detritívoros. Os predadores atuam controlando as populações de outros organismos no solo, especialmente a microbiota, e os detritívoros auxiliando no processo de decomposição de materiais orgânicos (MORAIS et al., 2010). Os colêmbolos exercem importante função detritívora, contribuindo para o processo de ciclagem da matéria e devolução de íons ao solo, para absorção pelos vegetais (MAUNSELL et al., 2012). Além de atuar no controle de populações de microrganismos do solo, especialmente de fungos (BROWN et al., 2015).

A riqueza de grupos faunísticos associada à distribuição mais uniforme dos indivíduos entre os grupos proporcionou aos tratamentos MCS e MSA os maiores valores de diversidade e equabilidade, mesmo apresentando os menores valores de abundância. MCS apresentou índice de diversidade de 1,15 e equabilidade de 0,83 e MSA apresentou diversidade 1,13 e equabilidade de 0,70 (Tabela 4).

**Tabela 4.** Abundância e riqueza e índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) da mesofauna do solo nos tratamentos.

Variáveis	Tratamentos							
	Controle	MSO	MPS	MSA	MCR	MPO	MIA	MCS
Abundância	29	35	43	19	35	45	33	29
Riqueza	4	5	5	5	4	4	3	4
Índice de $H'$	0,95	1,00	0,89	1,13	0,94	0,64	0,71	1,15
Índice de $J'$	0,68	0,62	0,55	0,70	0,67	0,46	0,65	0,83

Controle – área degradada (área experimental); MSO – microrregião do Seridó Ocidental Paraibano; MPS – microrregião de Patos; MSA – microrregião de Sousa; MCR – microrregião de Catolé do Rocha; MPO – microrregião do Piancó; MIA – microrregião de Itaporanga e MCS – microrregião de Cajazeiras.

Também constatou-se que nos tratamentos onde foi registrado a presença em grande quantidade de um determinado grupo e uma menor riqueza, principalmente nos tratamentos MIA e MPO, os índices de diversidade e equabilidade foram menores. A diversidade e equabilidade no tratamento MIA foi de 0,71 e 0,65, respectivamente, e no tratamento MPO foi de 0,64 a diversidade e 0,46 a equabilidade.

Os índices de diversidade registrados nos tratamentos MSA e MCS foram semelhantes aos de Souto et al. (2008), que encontraram valores médios de diversidade de 1,44, em uma área de Caatinga conservada na Paraíba. Damasceno e Souto (2014) também apresentaram dados de diversidade de espécies semelhantes ao do presente estudo, registrando que a presença de certa quantidade de um grupo pode refletir em uma reduzida diversidade, como observado para o tratamento MPO que apresentou dominância de 80% do grupo Collembola, influenciando na diminuição da diversidade.

No geral, observando-se a abundância total de indivíduos em cada tratamento, nota-se que os tratamentos MPO e MPS foram os que apresentaram o maior número de indivíduos, 45 e 43, respectivamente; MSO e MCR registraram 35 indivíduos cada. O tratamento MSA, com 19, foi que apresentou a menor abundância, enquanto Controle e MCS apresentaram 29 indivíduos cada.

Dos sete tratamentos que receberam os solos transpostos, cinco apresentaram maior abundância de indivíduos do que o tratamento Controle, demonstrando que a transposição de núcleos de solos representa grandes probabilidades de recolonização da área com organismos da fauna edáfica, mesmo que em pequena escala como observado no presente estudo.

Segundo Reis et al. (2010), com a transposição de solo, reintroduz-se populações de diversas espécies da micro, meso e macro fauna/flora do solo (microrganismos

decompositores, fungos micorrízicos, bactérias nitrificantes, minhocas, algas, etc.), importantes na ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo.

Rovedder et al. (2004), estudando os seguintes usos do solo: área degradada; área degradada em vias de recuperação com plantio de *Eucalyptus sp*; área com plantio direto; e área de campo nativo, observaram que a abundância e a diversidade da fauna edáfica foi influenciada pelos diferentes usos do solo e que a área degradada apresentou o menor número total de organismos e o menor índice de diversidade, além do menor número de colêmbolos.

Hoffmann et al. (2009), avaliando as variações dos grupos da mesofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo, observaram que nas áreas que sofreram maior ação antrópica houve diminuição na densidade e diversidade em relação à área de mata nativa. Vicente et al. (2010), ao analisar a abundância da fauna edáfica em uma área de mata secundária e outra em avançado estágio de degradação, evidenciaram maior abundância e riqueza no ambiente de mata.

Resultados semelhantes também foram observados com relação ao grupo Collembola, onde cinco dos sete solos transpostos também apresentaram maior abundância do que no solo do tratamento Controle. A ocorrência do grupo Collembola com maior abundância nos tratamentos que tiveram solos transpostos confirma a incidência desse grupo em ambientes com condições ecológica mais equilibrada, com maior teor de matéria orgânica e umidade, recursos que acarretam o surgimento de fungos, dos quais muitos deles se alimentam (BROWN et al., 2015).

A ordem Collembola destaca-se como a mais eficiente como indicadora de áreas degradadas, por serem organismos que respondem sensivelmente as modificações imprimidas ao solo (ROVEDDER et al., 2001). Damasceno e Souto (2014), avaliando a mesofauna em solo sem e com vegetação na caatinga do Núcleo de Desertificação do Seridó, constataram oscilações no número de indivíduos, principalmente dos grupos Acarina e Collembola, demonstrando adaptação às condições imposta pelos ambientes.

Vale salientar que os solos transportados das diversas microrregiões foram coletados de áreas que se encontram em estágio de regeneração natural avançado. Rieff et al. (2010) encontraram maior quantidade de ácaros e colêmbolos em área nativa do que em área sobre cultivo de eucalipto. Os mesmos autores afirmam que as condições diversificadas fornecidas por áreas de matas e florestas nativas permitem maior biodiversidade, devido à variedade de espécies vegetais e compostos orgânicos presentes na serapilheira. Moço et al. (2005),

comparando uma área de mata nativa com cultivo de eucalipto, capoeira e pastagem, encontraram maior estabilidade na abundância de fauna edáfica na mata nativa.

#### 4 CONCLUSÕES

A maior produção de CO<sub>2</sub> ocorre no período noturno e chuvoso, favorecida pela menor temperatura e pelo maior teor de água no solo.

No período chuvoso a presença de indivíduos da mesofauna foi superior ao período seco.

Os grupos dominantes da mesofauna do solo em todos os tratamentos foram Collembola e Acarina.

A respiração edáfica e a mesofauna na maioria dos solos transpostos foi maior que na área degradada.

A respiração edáfica e a mesofauna são bioindicadores para quantificar as respostas de recuperação de áreas degradadas e foram eficazes nas análises realizadas nesse estudo ao se comparar solos de diferentes áreas conservadas em uma degradada.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N. Cinética de evolução de dióxido de carbono em área de caatinga em São João do Cariri-PB. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1099-1106, 2011.

ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, R. N.; PAREZA JUNIOR, E. Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de caatinga sob pastejo. **Brazilian Geographical Journal**, v. 4, n. 2, p. 663-679, 2013.

ARAUJO, K. D.; PARANTE, H. N.; CORREIA, K. G.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PAZERA, J. E. Liberação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em área de caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Geoambiente**, v. 7, n. 12, p.42-53, 2009.

ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p.35-41, 2003.

BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; SAUTTER, K. D.; BUSCHLE, B.; OLIVEIRA, E. B.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C. P.; KUMMER, L. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: II - mesofauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1413-1426, 2010.

BARROSO, R. F. **Características morfológicas e carbono orgânico do solo em áreas de caatinga no semiárido da Paraíba**. 2017. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande; Patos.

BAUER, P. J.; FREDERICK, J. R.; NOVAK, J. M.; HUNT, P. G. Soil CO<sub>2</sub> from a Norfolk Loamy Sand after 25 Years of Conventional and Conservation Tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 90 n. 2, p.205-211, 2006.

BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p.14-28, 2015.

BITTAR, I. M. B.; FERREIRA, A. S.; CORREA, G. F. Influência da textura do solo na atividade microbiana, decomposição e mineralização do carbono de serapilheira de sítios do bioma Cerrado sob condições de incubação. **Revista Biociências**, v. 29, n.6, p.1952-1960, 2013.

BRADY, N. C, WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3ª edição. Porto Alegre: editora Bookman; 2013. 686p.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, L.; ANTONIOLI, Z. I.; DECAENS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B.; **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. 1ª edição. Brasília – DF: Embrapa, 2015. 154p.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1381-1396, 2007.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Journal Forest Ecology and Management**, v. 265, n. 1, p.37-46, 2012.

CORREIA, K. G.; NEPONUCENO, R. A. F.; SIMÕES, R. C. M.; SOUTO, J. S.; PEDRO, F. D. Atividade microbiana e matéria orgânica leve em áreas de caatinga de diferentes estágios sucessionais no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, n.1, p. 196-202, 2015.

CORREIA, K. G.; SANTOS, T. S.; ARAUJO, K. D.; SOUTO, J. S.; FERNANDES, P. D. Atividade microbiana do solo em quatro estágios sucessionais da caatinga no município de Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 534-549, 2009.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª edição. Porto Alegre: Editora Metrópole, 2008. 654p.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, (suplemento), p. 961–974, 2009.

DAMASCENO, J.; SOUTO, J. S. Indicadores biológicos do Núcleo de Desertificação do Seridó Ocidental da Paraíba. **Revista de Geografia**, v. 31, n. 1, p. 100-132, 2014.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. G. M. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

DUCATTI, F. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da Mata Atlântica**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FANG, C.; MONCCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux on temperature. **Journal Soil Biology & Biochemistry**, v. 33, n.2, p. 155-165, 2001.

FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 562-569, 2014.

GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Revista Biotemas**, v. 22, n. 2, p. 45-53, 2009.

GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Revista Ciência e Cultura**, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.

HAN, T.; HUANG, W.; LIU, J.; ZHOU, G.; XIAO Y. Different soil respiration responses to litter manipulation in three subtropical successional forests. **Journal Scientific Reports**, v. 5, (18166), p. 1-8, 2015.

HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAUJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 121-125, 2009.

HUBER, A. C. K.; MORSELLI, T. B. G. A. Estudo da mesofauna (ácaros e colêmbolos) no processo da vermicompostagem. **Revista da FZVA**, v. 18, n. 2, p. 12-20, 2011.

JOSE, S. J. B.; RIEFF, G. G.; SACCOL SA, E. L. Mesofauna edáfica e atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura do tabaco. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 19, n. 1, p. 56-66, 2013.

MACLEOD, I.; SAVAGE, A. L.; BAIRD, J. Decline in microbial activity does not necessarily indicate an end to biodegradation in MSW-biowaste: a case study. **Journal Bioresource Technology**, v. 99, n. 18, p. 8626-8630, 2008.

MARCUZZO, S. B.; GANADE, G.; ARAUJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B. Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no Sul do Brasil. **Revista Floresta**, v. 43, n. 1, p. 39 - 48, 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e área de mineração**. 3ª edição. Viçosa: editora Aprenda Fácil; 2013. 264p.

MAUNSELL, S. C.; KITCHING, R. L.; GREENSLADE, P.; NAKAMURA, A.; BURWELL, C. J. Springtail (Collembola) assemblages along an elevational gradient in Australian subtropical rainforest. **Australian Journal of Entomology**, v. 52, p. 114–124, 2012.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 565-571, 2005.

MORAIS, J. W. de; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Editora da UFLA, p. 185-200. 2013.

MORAIS, J. W. de; OLIVEIRA, V. dos S.; DAMBROS, C. de S.; TAPIA-CORAL, S. C.; ACIOLI, A. N. S. Mesofauna do solo em diferentes sistemas de uso da terra no Alto Rio Solimões, AM. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, 145-152, 2010.

MVSP/Plus. **Multi-variant statistical package**. Versão 3.1. Kovach Computing Services, 1998.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 434p.

REIS, A.; BECHARA, C.; TRES, D. R. A Nucleação na restauração ecológica de ecossistemas tropicais. **Revista Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 244-250, 2010.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Revista Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na floresta ombrófila mista através da sucessão natural. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, v.55, p. 67-73, 2007.

RETH, S.; REICHSTEIN, M.; FALGE, E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO<sub>2</sub> efflux – A modified model. **Journal Plant and Soil**, v. 268, n. 1, p. 21-33, 2005.

RIEFF, G. G. **Monitoramento de ácaros e colêmbolos como indicadores de qualidade do solo**. 2010. 59p. Dissertação (Mestrado em ciência do Solo). Faculdade de Agronomia, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no bioma Pampa. **Revista Ciência Rural**, v. 39, p. 1061-1068, 2009.

ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; EVANDRO SPAGNOLLO, E.; SAULO FERIGOLO VENTURINI, S.F.; Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.3, n.2, p. 87-96, 2004.

ROVEDDER, A.P.; VENTURINI, S.; SPAGNOLLO, E.; ANTONIOLLI, Z.I. Colêmbolos como indicadores biológicos em solos areníticos da região Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, v.31, n.5, p.95-99, 2001.

SANTOS, G. R.; SANTOS, E. M. C.; LIRA, E. S.; GOMES, D. L.; ARAUJO, K. D. Respiração microbiana do solo relacionada ao conteúdo de água no solo e a temperatura do solo, na época do equinócio de primavera, em Olho D'Água do Casado, Semiárido de Alagoas. **Revista Regne**, v. 2, (especial), p. 884-893, 2016.

SAS. **Sas/Stat 9.3 User's Guide**. Cary: Sas Institute Inc.; 2011.

SHANNON, C. E.; WEAVER W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SILVA, L. C. S.; SILVA, A. P. L.; ARAUJO, K. D.; LIRA, E. S. Mesofauna do solo, na caatinga de Maravilha, semiárido Alagoano. In: I congresso internacional da diversidade do semiárido, Campina Grande. **Anais... I CONIDIS**, 2016.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 1, p. 1585-1592, 2010.

SMART, D. R.; PEÑUELAS, J. Short-term CO<sub>2</sub> emissions from planted soil subject to elevated CO<sub>2</sub> and simulated precipitation. **Journal Applied Soil Ecology**, v. 28, n. 3, p. 247-257, 2005.

SOUTO, P. C.; BAKKE, I. A.; SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, M. V. Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 52-58, 2009.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.32, p.151-160, 2008.



SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; BAKKE, I. A.; SALES, F. C. V.; SOUZA, B. V. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de caatinga. **Revista Cerne**, v. 19, n. 4, p. 559-565, 2013.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2ª edição. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS; 1995. 174p.

VALENTINI, C. M. A.; ABREU, J. G.; FARIA, R. A. P. G. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 127-143, 2015.

VINHAL-FREITAS, I. C.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F.; WENDLING, B. Influence of phosphorous and carbon on soil microbial activity in a Savanah Agroecosystem of Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, n. 1, p. 1291–1302, 2012.

VICENTE, N. M. F.; CURTINHAS, J. N.; PEREZ, A. L.; PREZOTTI, L. Fauna Edáfica Auxiliando a Recuperação de Áreas Degradadas do Córrego Brejaúba, MG, **Revista Floram**, v. 17, n. 2, 104-110, 2010.

WINK, C.; JERSON, V.C. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60-70, 2005.

YAN, J.; WANG, Y.; ZHOU, G.; ZHANG, D. Estimates of soil respiration and net primary production of three forests at different succession stages in South China. **Journal Global Change Biology**, v. 12, n. 5, p. 810-821, 2006.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

Comparando-se os dados da área degradada com os dos solos que foram dispostos nas parcelas, evidencia-se que ocorreu maior cobertura herbácea e acréscimo na atividade microbiana e na população da mesofauna proporcionado pela transposição dos solos, demonstrando que há eficiência da técnica nucleadora quando se busca a reestruturação de solos degradados.

A transposição do solo das diversas microrregiões configura-se como alternativa viável para estimular a sucessão florestal na área degradada ora estudada. Todavia, ainda são poucos os incentivos direcionados a projetos que visam restaurar áreas degradadas por meio de técnicas nucleadoras como a utilizada na referida pesquisa, principalmente para região semiárida.

Portanto, na região semiárida, onde a fragilidade dos ecossistemas favorece o processo de desertificação, várias alternativas que busquem preservar o meio ambiente devem ser implantadas, desde políticas públicas voltadas a preservação, restauração e conservação da Caatinga, como por políticas voltadas a educação no campo, que vise diminuir a intensa pressão exercida por atividades humanas inadequadas.